This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

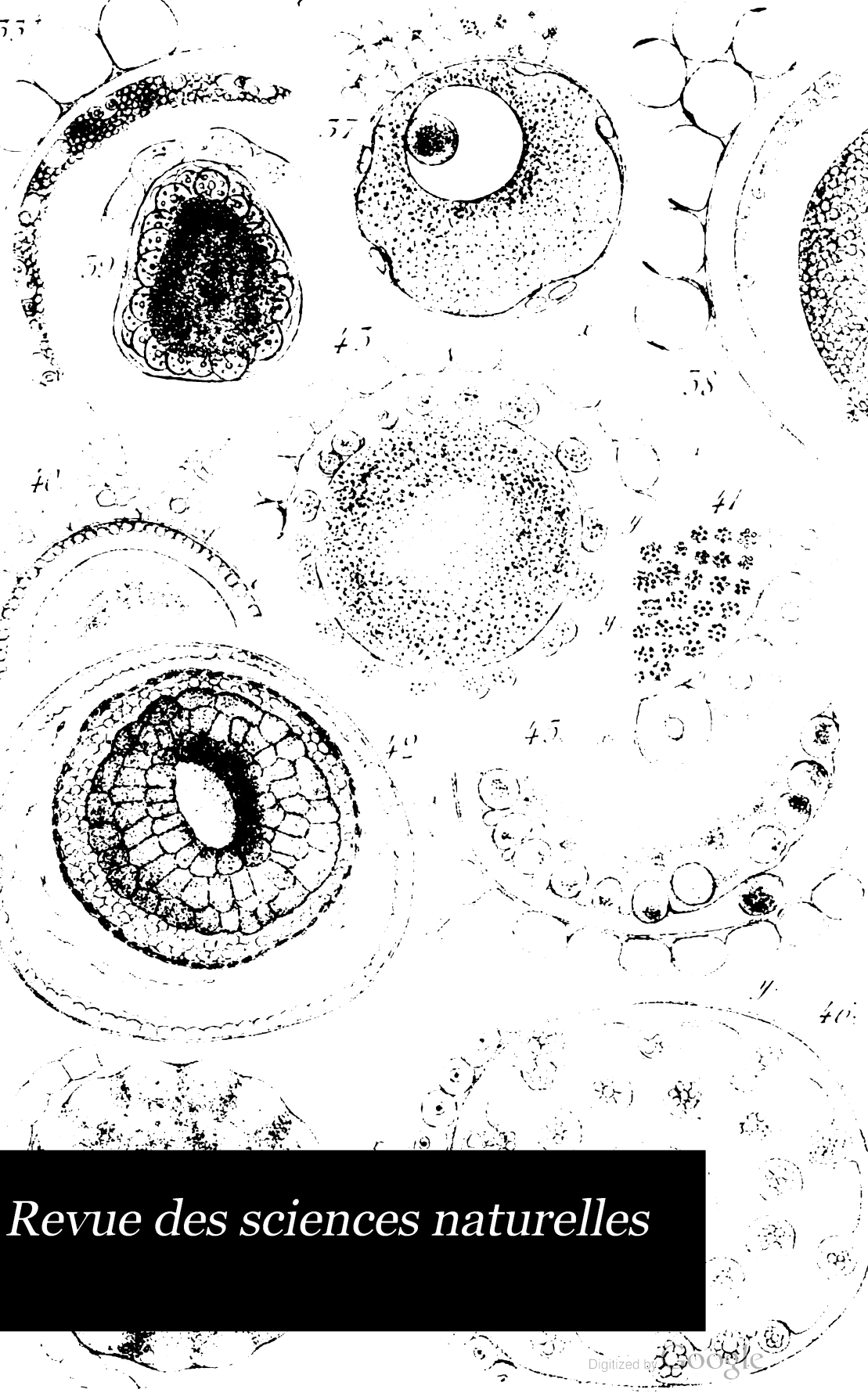
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Revue des sciences naturelles

Digitized by Google

S R
eV
375

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY

OF THE

Museum of Comparative Zoology

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

CIE

Digitized by Google

REVUE

DES

SCIENCES NATURELLES

Digitized by Google

Montpellier. — Typographie et Lithographie de Boehm et Fils.

Digitized by Google

REVUE

DES

SCIENCES NATURELLES

FONDÉE A MONTPELLIER PAR

M. E. DUBRUEIL

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. FLAHAULT, E. PLANCHON, P. de ROUVILLE, A. SABATIER,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. Andouard,— Baillon,— Barthélemy,— Baudon,— Bavay,— Bleicher,— Bonneau,— Casalis de Fondouce (P.), **— Collot,— Contejean,— Corre** (A.),**— Courchet,— Dieulafait,— Doûmet-Adanson, — Droüet, — Durand,— Duval-Jouve,— Estor,— Fabre** (G.),**—Faure** (A.),**—F. Fontannes,— Forel,— Genevier, — Giard** (A.), **— Giltay,—Heckel,—Hesse,—Jobert,— Joly,— Jordan,—Jourdain,— Lichtenstein** (J.),**— Loret,—Marchand** (Léon),**—Marès**(P.),**—Martins**(Ch.),**—Matheron,— Miergues, —Peccadeau de l'Isle,— Perrier,—Planchon** (G.),**— Robin,— Debaint-Simon, — De Saporta, — Senoner,— De Seynes, — Sicard** (H.), **— Vaillant** (L.), **— Valéry-Mayet, — Vieillard, — Vézian,** etc.

3e SÉRIE. — TOME II.

MONTPELLIER

BOEHM ET FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS, RUE D'ALGER, 10.

CAMILLE COULET, LIBRAIRE-ÉDITEUR, GRAND'RUE, 5.

PARIS

A. DELAHAYE ET E. LECROSNIER, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1883

Digitized by Google

Museum of Comp. Zoöl.

Digitized by Google

MÉMOIRES ORIGINAUX.

LA FACULTÉ MOTRICE DES PLANTES

ÉTUDE CRITIQUE
DE L'OUVRAGE DE DARWIN PORTANT LE MÊME TITRE

Par M. J. WIESNER
Directeur de l'Institut de Physiologie végétale à l'Université de Vienne.
Traduit par **M. F. KIEFER**

INTRODUCTION.

Le nouveau livre de Darwin renferme, comme tous les autres ouvrages de cet homme de génie, une abondance extraordinaire d'observations et de faits biologiques du plus haut intérêt. Mais on ne peut s'empêcher de reconnaître également que l'illustre savant, en étudiant la vie végétale, a mis le pied sur un domaine où la supériorité du génie importe moins peut-être que la rigueur de la méthode. Dans la physiologie expérimentale des plantes, toute la sagacité d'un observateur reste impuissante si elle n'est guidée par des méthodes chimiques et physiques d'une rigueur absolue. Or Darwin, il faut l'avouer, n'a pas apporté à ses expériences toute l'exactitude voulue, et ce seul fait enlève à ses conclusions et à ses théories leur principale valeur.

Résumons ces théories.

L'extrémité libre de tout organe végétal en voie de développement possède un mouvement propre et décrit en général à reculons une spirale irrégulière : ce mouvement s'appelle *circumnutation*. Cette faculté de se mouvoir est une force innée à la plante, force vitale et spontanée qui est la cause première de tous les mouvements partiels, étudiés jusqu'ici sous les noms d'héliotropisme, géotropisme, hydrotropisme, etc.

Digitized by Google

Cette théorie est mal fondée, ou du moins exagérée. A mes yeux, la circumnutation, chez une foule de plantes, tient à l'inégalité de croissance des diverses parties d'un même organe et n'est qu'un phénomène mécanique. Il suffit de comparer les cellules d'un tissu végétal pour voir qu'elles n'ont ni le même volume ni la même forme, ce qui fait supposer que leur force d'accroissement n'est pas non plus la même. Considérons même des organes qui poussent en ligne droite, et ne sont pas héliotropiques. Dans ces tissus, quoique orthotropiques, il se trouve des cellules de nature différente, et par conséquent d'énergie vitale diverse. L'épiderme renferme des cellules épidermiques, des stomates, des poils ; le tissu interne se compose de *parenchyme*, de *collenchyme*, de *sclérenchyme*, sans parler des faisceaux fibro-vasculaires, qui sont eux-mêmes d'une nature si complexe. Est-il admissible que tous ces éléments si divers s'accroissent d'une manière uniforme ? Ne faut-il pas reconnaître au contraire qu'il ne peut manquer de se produire des tiraillements intérieurs entre les différents tissus se développant chacun d'une façon particulière?

Mais une erreur contre laquelle je ne saurais trop protester dès maintenant, c'est l'assimilation de tous les mouvements des plantes à des phénomènes d'irritation. Entrons dans quelques détails.

Si je prends une tige en voie d'accroissement, je constate qu'une certaine portion est susceptible de se mouvoir ; si la lumière agit sur cette portion, elle se courbe. Or, si je n'éclaire que la base de cette portion héliotropique, aucun mouvement ne se manifeste ; tandis que si j'éclaire seulement le sommet, non-seulement celui-ci se courbe, mais la base suit également le mouvement du sommet.

Darwin en conclut que l'influence héliotropique s'est propagée du sommet à la base, et que l'on se trouve en présence d'un véritable phénomène d'irritation. J'aurai à prouver le contraire. Je montrerai que jamais il n'y a transmission ni propagation de mouvement ; que nous n'avons affaire qu'à des actions absolu-

Digitized by Google

ment localisées, et que l'héliotropisme ne se constate jamais que dans les parties directement soumises à l'effet de la lumière.

Darwin prétend encore que l'action de la pesanteur s'exerce sur l'extrémité des radicelles, qui pourtant, comme on sait, ne se courbent jamais, et ne sont nullement géotropiques. Il considère donc cette extrémité comme le siège et le point de départ d'une irritation qui provoque une courbure dans la partie de la radicelle où s'opère la croissance.

Je pense prouver plus loin que la courbure des racines est produite par l'action directe de la pesanteur sur les parties mêmes qui se courbent, sans qu'il y ait à invoquer l'influence mystérieuse de la pointe radicellaire, que Darwin est tenté de comparer au cerveau des animaux inférieurs.

Les idées de Darwin sont assurément fort séduisantes, mais elles n'en offrent que plus de danger. Elles risquent de détourner les esprits de la méthode expérimentale rigoureuse, pour les lancer de nouveau dans cette voie funeste des hypothèses spéculatives, qui à une époque encore récente ont enrayé si longtemps le progrès des sciences naturelles.

CHAPITRE PREMIER.

COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR LES FORMES DE MOUVEMENT DANS LES PLANTES.

On croyait naguère que le règne végétal se distinguait du règne animal par l'absence de mouvement. Cette opinion a été renversée d'une manière inattendue par l'ouvrage de Darwin.

Toutes les parties des plantes en voie de développement, souvent même encore après leur développement, sans excepter les parties souterraines, sont, de jour et de nuit, dans un état continuel d'évolution et de déplacement.

L'ensemble de ces mouvements a reçu de Darwin le nom de circumnutation ; l'auteur, nous le répétons, y voit la manifestation d'une force vitale innée à tous les végétaux. Tout acte vital se trahit par un mouvement. Cela est vrai même pour

Digitized by Google

les phénomènes chimiques et physiques qui se produisent dans l'organisme, tels que la transformation des sucs nutritifs en substance organisée des plantes. Toutefois nous n'avons pas à nous occuper aujourd'hui des mouvements que les gaz et les liquides accomplissent dans l'intérieur des tissus. Ces mouvements se produisent également dans le règne inorganique, et nous ne voulons fixer notre attention que sur les mouvements particuliers aux végétaux et sur les phénomènes que l'on peut appeler proprement des actes vitaux.

Nos observations ne s'étendront même pas à la généralité de ces derniers mouvements, et nous laisserons de côté ceux qui s'accomplissent dans le protaplasma de chaque cellule, parce qu'ils sont étrangers à la vraie circumnutation, telle que Darwin la définit, aussi bien que les mouvements des spermatozoïdes et les oscillations des cellules nues.

Nous nous arrêterons exclusivement à ces mouvements des plantes qui consistent en de vrais déplacements et en une sorte de locomotion des racines, des tiges et des feuilles.

Or comme ces organes ne possèdent la faculté de se mouvoir que pendant leur période de développement, leurs mouvements peuvent être désignés sous le nom de mouvements de croissance et divisés en deux catégories : d'une part, ceux qui concernent la croissance en longueur, suivant la direction générale de l'axe, et d'autre part ceux qui suivent des directions divergentes.

Les physiologistes trouvent superflu de donner une explication de la croissance en longueur, dont nous aurons pourtant à faire mention quelquefois. Quant à la seconde catégorie de mouvements, ils lui ont donné le nom de nutation.

Darwin n'admet pas la croissance directe en longueur ; il ne formule pas explicitement cette opinion, mais il n'est jamais question chez lui que d'oscillations, et il résume par ce mot toutes les formes de mouvements des plantes, soit dans les organes aériens, soit dans les parties souterraines. Je montrerai néanmoins que cette croissance normale, directe et sans com-

Digitized by Google

plication d'aucune sorte, est le cas le plus fréquent dans la nature.

Examinons, en attendant, les diverses formes de la nutation proprement dite.

Si l'on prend de jeunes plants de cresson, bien droits, et qu'on les expose à la lumière oblique, on voit bientôt toutes les tigelles se courber vers la lumière. Si l'on place au contraire les jeunes plants dans une position horizontale et dans une obscurité complète, ils se relèvent verticalement et poussent dans la direction où elle est sollicitée par la pesanteur. Mais si sur des plants posés horizontalement on fait arriver un faisceau de lumière, le redressement ne se fait plus suivant la verticale, mais obliquement dans la direction de la source lumineuse. Dans le premier de ces trois cas, c'est la lumière qui agit; dans le second, c'est la pesanteur ; dans le troisième, l'action de la pesanteur se combine avec celle de la lumière. Toutefois la nutation comprend aussi des mouvements qui sont ou du moins paraissent étrangers à toute influence extérieure. Ainsi, quelle que soit la position d'un embryon dicotylédoné, d'un haricot par exemple, la tigelle se dirige toujours de telle façon que sa pointe ait les cotylédons devant elle. Cette courbure provient d'une inégalité de croissance entre les deux faces de la tigelle. La face attenante aux cotylédons ne pousse pas aussi vite que le côté opposé, ce qui force la tigelle à se plier en avant.

Il faut donc distinguer deux sortes de nutations : celle qui est provoquée par des influences extérieures, et celle qui paraît spontanée et qui dépend sans doute de quelque cause organique encore ignorée. La première a reçu le nom de *nutation paratonique* ou réceptive, et la seconde celui de *nutation spontanée*.

Les forces extérieures qui provoquent la nutation paratonique sont : la lumière, la pesanteur, l'action unilatérale d'un air humide, et enfin la traction toujours combinée avec la pression.

Sous l'action de la lumière, la plupart des plantes poussent dans le plan d'incidence de la lumière, soit en se dirigeant vers

Digitized by Google

la source lumineuse, soit en s'éloignant d'elle. Cette forme de nutation s'appelle *héliotropisme*.

D'autre part, des plantes en voie de développement qu'on écarte de la position verticale tendent à y revenir. Leurs tiges se relèvent vers le haut et leurs racines s'infléchissent vers le bas. Ce phénomène porte le nom de *géotropisme*.

Sous le nom *d'hydrotropisme*, on désigne les mouvements qui portent les plantes à la rencontre de l'humidité.

Par traction et pression, il faut comprendre le double effet produit dans un organe qui se courbe. Du côté convexe, les cellules éprouvent une tension, une traction en un mot, tandis que du côté concave elles subissent une compression. D'ordinaire, le côté où s'exerce la traction se développe avec plus d'énergie, tandis que la croissance est ralentie du côté où s'opère la compression.

La nutation spontanée comprend l'*épinastie*, l'*hyponastie*, la *nutation* simple, la nutation révolutive, celle en ligne ondulée, celle en ligne brisée, et finalement ce que Darwin appelle la *circumnutation*.

Épinastie.—Il existe des bourgeons foliaires et d'autres organes encore qui, sans influence extérieure, se développent toujours plus à la face normalement supérieure qu'à la face inférieure. Les bourgeons de Tilleul et beaucoup d'autres feuilles nous en offrent un exemple. Ces organes s'infléchissent par conséquent de haut en bas; c'est là ce qu'on appelle épinastie.

L'*hyponastie* produit l'effet inverse: la face inférieure se développe plus fortement et dirige la feuille de bas en haut.

Mais il arrive qu'un même organe présente successivement l'un et l'autre phénomène pendant sa période de croissance, et cela explique comment beaucoup de feuilles forment d'abord une sorte de voûte qui couvre le bourgeon, puis se déplient pour exposer leur face supérieure aux rayons solaires. Ajoutons toutefois que certaines influences extérieures ne laissent pas d'intervenir dans l'un et l'autre phénomène.

Par nutation révolutive, on désigne le mouvement de spirale

Digitized by Google

par lequel les plantes grimpantes s'attachent à leur support. Cette flexion tient à ce que toute une série de cellules situées vers l'extérieur de la tige, sur une ligne ascendante et spiralée, possèdent une force de croissance plus grande que les autres ; ces cellules, hypertrophiées en quelque sorte, produisent une convexité extérieure de la tige et forcent la concavité correspondante à s'appliquer contre le support.

La nutation en ligne ondulée est beaucoup plus répandue que la précédente, et affecte presque toutes les tigelles et tous les pétioles en leur faisant prendre une forme d'S. Elle tient à ce fait que vers le sommet de l'organe la face postérieure se développe plus vite, tandis que vers la base c'est la face antérieure qui pousse plus fort, pendant que vers la partie médiane de la tigelle le développement est égal sur les deux faces. Dans sa forme la plus simple, la nutation ondulée se produit dans un même plan, d'ordinaire vertical, mais une série d'intermédiaires se rattachent à la nutation révolutive précédemment décrite.

Il est bon de dire un mot d'une dernière sorte de nutation qui a été moins souvent étudiée et que nous sommes tenté d'appeler nutation en ligne brisée. Beaucoup de tiges poussent en zigzag. Les entre-nœuds successifs divergent alternativement à droite et à gauche de l'axe central, comme on le voit dans le Jujubier. Les feuilles se trouvent toujours placées au point d'intersection de deux lignes brisées et extérieurement à l'angle formé par elles. Cette brisure de l'axe est produite parce que chaque entre-nœud croît plus fort à l'endroit ou s'insèrent les feuilles qu'à l'endroit opposé.

Voici maintenant ce que Darwin appelle *circumnutation*. L'auteur identifie ce phénomène avec la nutation révolutive ; la seule différence qu'il y voit, c'est que les mouvements y sont moins prononcés et ne sont appréciables à l'œil qu'au moyen d'expériences qui en exagèrent l'amplitude.

Cette circumnutation résume, dans l'esprit de Darwin, toutes les diverses espèces de mouvement que nous venons d'énumérer, mais c'est là une pure hypothèse ; or dans les sciences natu-

Digitized by Google

relles il faut renoncer aux hypothèses et procéder par expérimentation. Darwin prétend bien l'avoir fait ; malheureusement ses expériences sont loin d'être concluantes.

Mentionnons maintenant d'autres mouvements qui ne sont pas bornés, comme les précédents, à la période de croissance, mais qui fonctionnent encore après que les plantes ont atteint leur complet développement.

Ici encore il faut établir deux catégories : les *mouvements paratoniques* et les *mouvements spontanés*.

Un exemple typique des mouvements spontanés de cette sorte nous est offert par les feuilles de l'*Hedysarum gyrans* ; mais comme Darwin les considère avec raison comme étrangers à la circumnutation, il n'en sera pas question ici.

Au contraire, les mouvements paratoniques intéressent à un haut degré le problème actuel. Certains de ces mouvements s'exécutent brusquement et d'autres avec lenteur.

Les premiers sont des phénomènes d'irritation et demandent un mot d'explication.

En touchant une feuille de *Mimosa*, je la vois se replier et se rabattre instantanément, et la force du phénomène est hors de proportion avec celle du contact. Le contact agissait seulement comme irritation ; il a provoqué mais non opéré le mouvement. Une comparaison fera mieux saisir notre pensée. Le doigt qui presse la détente de l'arbalète occasionne le départ de la flèche, mais c'est l'arc en se détendant qui lui imprime son mouvement et la force avec laquelle elle fend les airs. Autre point à remarquer : l'irritation se transmet de proche en proche aux diverses parties de l'organe, comme on le voit encore dans la feuille du *Mimosa*.

Ces sortes de phénomènes sont donc nettement caractérisés. L'irritation provoque l'emploi de forces préexistantes et est étrangère à la croissance.

Quant aux mouvements plus lents, tels que les phénomènes du sommeil nocturne (*Mimosa*, *Acacia*, *Robinia*) ou du sommeil diurne (*Robinia*), ils n'ont pas encore reçu d'explication satis-

Digitized by Google

faisante. Toutefois il est impossible de leur reconnaître le caractère d'une irritation, et on les attribue avec quelque vraisemblance à un changement de distribution de la sève et du liquide cellulaire, qui en se portant vers un seul côté y détermine une pression unilatérale et provoque un mouvement. Quoi qu'il en soit, si Darwin exclut de la circumnutation les mouvements brusques provenant d'une irritation, il y comprend les mouvements lents dont nous venons de parler et les appelle *nyctitropisme, parhéliotropisme.*

Quant aux mouvements des vrilles, Darwin n'en ayant pas fait mention,, nous omettrons nous-même d'en parler. Ces quelques explications préliminaires sur les mouvements des végétaux doivent suffire pour expliquer le but de notre ouvrage, et nous permettront de faire comprendre que la *circumnutation*, telle que Darwin la définit, n'est pas la manifestation d'une force mystérieuse innée à la plante, mais qu'elle est simplement l'application de forces mécaniques et physiques qui s'expliquent de la façon la plus naturelle.

CHAPITRE II.

MÉCANIQUE DES MOUVEMENTS DE NUTATION.

D'après l'opinion commune, tous les phénomènes de nutation sont le résultat d'une inégalité d'accroissement. Cette théorie a le mérite de la simplicité. Une tige éclairée d'un seul côté se développe plus vite à la face obscure. Celle-ci devient, par suite, convexe et la face éclairée concave, ce qui force la tige à s'infléchir vers la lumière.

Or, d'après M. Sachs, le principal rôle dans le phénomène de la croissance appartient à la turgescence des cellules, et M. de Vries a démontré de son côté que l'allongement acquis par croissance pouvait être annulé de nouveau quand on diminuait la turgescence par des moyens artificiels.

Comme Darwin s'est fondé sur cette affirmation pour avancer que les mouvements de nutation et les courbures organiques qui

Digitized by Google

en résultent, devaient être attribués, non à la force de croissance, mais à la turgescence, je crois nécessaire d'insister sur ce point.

Plongez une tige en voie d'accroissement dans une solution de chlorure de sodium : aussitôt vous la verrez se raccourcir. La solution enlève aux cellules une partie de leur liquide, et la force d'expansion produite par la turgescence cellulaire diminue. Chaque cellule, et par suite l'ensemble de l'organe, se contracte; M. de Vries appelle cette contraction : *plasmolyse*.

Si l'on a soin de faire des marques à la tige, on voit que toutes les parties ne se contractent pas également, mais que c'est dans la région où l'accroissement est le plus actif que la contraction est aussi la plus forte.

M. de Vries a conclu de cette expérience que ce qu'on appelle force de croissance n'est qu'un effet de turgescence, effet tout passif et produisant l'extension des cellules dont les parois sont douées d'élasticité. Il ne devait pas être question, selon lui, d'intussusception, c'est-à-dire d'intercalation de nouvelles molécules de cellulose, ce second phénomène ne se produisant que dans la suite.

M. de Vries, appliquant cette théorie à l'héliotropisme, a prétendu que les courbures provoquées par lui pouvaient se redresser et s'annuler de même au moyen de la plasmolyse, ainsi que celles du géotropisme, de l'hydrotropisme, etc.; et Darwin, abondant dans le sens de M. de Vries, regarde la croissance comme une chose accessoire et place la turgescence au premier rang.

De grandes restrictions sont ici nécessaires. On sait que la croissance des plantes est soumise à certaines conditions. Ces conditions varient d'une plante à l'autre, souvent d'un organe à l'autre, mais elles sont constantes et invariables pour un seul et même organe. Ainsi, la tige de la Vesce se développe dans des limites de température très précises, et c'est exclusivement dans ces mêmes limites que se produisent tous les mouvements de nutation de cette plante. Or, la turgescence et la plasmolyse sont

Digitized by Google

tout à fait indépendants de ces limites de température. Des expériences concluantes m'en ont donné la certitude. Ce seul seul fait montre déjà que la turgescence n'est pas la cause première et le point de départ de la croissance. Celle-ci est, à mon avis, la résultante de forces multiples, parmi lesquelles la turgescence tient son rang, mais qui toutes agissent en même temps. L'intussusception, et la croissance en général, ne succède pas à la turgescence, mais l'accompagne, bien que dans le début elle lui soit subordonnée dans une certaine mesure.

M. de Vries a tiré de ses expériences des conclusions qui ne sont pas suffisamment fondées. Que produit en effet la plasmolyse? Elle fait contracter un organe en voie d'accroissement. Qu'est-ce à dire? En détruisant la turgescence, elle a simplement détruit l'effet de la turgescence qui distendait les cellules, et l'on n'en peut conclure qu'une seule chose, c'est qu'il n'y a pas eu encore assez de matière cellulosique interposée pour fixer définitivement le progrès qu'avait fait l'organe et l'allongement qu'il avait pris.

Je vais apporter maintenant une série de faits qui prouvent que, même au début de la croissance, il faut compter comme facteurs actifs, non-seulement la turgescence, mais encore un certain nombre d'autres causes que M. de Vries a négligées.

La première expérience doit servir à distinguer nettement la turgescence simple de la turgescence telle qu'elle apparaît durant la croissance. Elle est empruntée à M. Sachs[1].

Prenons une radicule embryonnaire de *Vicia Faba* un peu flétrie, et posons-la sur la surface d'un liquide, de telle sorte qu'un seul côté soit en contact avec l'eau. En moins d'une minute, la radicelle se dressera verticalement. C'est là un phénomène de turgescence simple. Les cellules en contact avec l'eau ont absorbé du liquide et se sont distendues, tandis que les cellules supérieures sont restées dans leur état primitif. La

---

[1] *Arb. des bot. Instituts zu Würzbourg*, Heft 3, pag. 397. — Voy. aussi Frank; *Beiträge zur Pflanzenphysiologie*, pag. 43.

Digitized by Google

croissance n'y est pour rien, et, ce qui le prouve, c'est que le *Vicia Faba* ne germe pas au-dessous de 5° C., tandis que notre expérience se reproduit tout aussi bien dans l'eau à 1° ou 2° C, et même à la température de la glace ; elle ne demande qu'un peu plus de temps. D'autre part, si l'eau est à 0° C., la radicule prend une certaine quantité d'eau, puis reste stationnaire ; mais dès que j'élève la température jusqu'à la limite de croissance, elle absorbe une nouvelle quantité d'eau et la croissance véritable commence.

Ces faits prouvent clairement que la turgescence n'est pas le seul facteur de la croissance. Mais voici de nouvelles observations qui confirment ce point.

Choisissant dix beaux embryons de *Phaseolus multiflorus*, de même vigueur et de même forme, je traçai sur chaque tigelle épicotylée, dans la région de la plus grande croissance, 15 divisions distantes d'un millimètre. Cinq de ces embryons furent plongés dans une solution de salpêtre à 10 0/0, et j'attendis qu'ils fussent arrivés à leur maximum de contraction. Elle eut lieu au bout de deux heures et comporta un raccourcissement de 1,9 millim. Les cinq autres embryons avaient été placés pendant ce temps dans de bonnes conditions de végétation, et au bout de quatre heures et demie la zone d'accroissement s'était allongée de 6,2 millim. Je les plongeai à leur tour dans une solution de salpêtre à 10 0/0, en faisant usage du procédé de M. de Vries, qui facilite beaucoup la plasmolyse, c'est-à-dire en opérant la résection de la tigelle et en la partageant par le milieu.

Si l'allongement acquis par la tigelle avait été simplement un effet de la turgescence, la plasmolyse aurait dû produire un raccourcissement de 6,2 + 1,9 millim., ou 8,1 millim. Or le raccourcissement ne fut que de 6,2 millim. Il y avait donc eu pendant ces quatre heures et demie une croissance véritable, c'est-à-dire irréductible par la plamolyse.

Deuxième expérience. — Un embryon de *Phaseolus* fut isolé dans une atmosphère où l'on avait placé un bain de potasse. La

Digitized by Google

radicule plongeait dans une solution nutritive contenue dans un cylindre de verre. Un autre cylindre de verre recouvrait l'embryon et plongeait dans le bain de potasse. Le germe consomma l'oxygène de l'atmosphère où il était enfermé, et au fur et à mesure le bain de potasse s'éleva dans le cylindre. Dès que le bain cessa de s'élever et qu'il n'y eut par conséquent plus d'oxygène à consommer, le germe cessa de croître. Conclusion : l'oxygène est un des facteurs indispensables de la croissance.

Mais peut-être soutiendra-t-on que cet oxygène est nécessaire à la simple turgescence ? C'est une erreur. Prenons une eau que l'ébullition aura privée de tout son oxygène ; isolons-la de l'atmosphère ambiante par un bain de mercure, et plaçons-y une tigelle plasmolysée : la turgescence ne s'en produira pas moins et la tigelle reprendra sa longueur primitive.

Troisième expérience. — L'embryon de *Phaseolus multiflorus* ne germe pas à moins de 6°C. Les parties épicotylées de ce même *Phaseolus* plasmolysées reprennent au contraire leur turgescence et leur longueur première même sur une eau maintenue entre 1 et 3°.

Ici se présente une objection. Certaines plantes se flétrissent à une basse température du sol, parce que les feuilles perdent leur eau, sans que les racines puissent la leur restituer. Mais dans ce cas un germe de *Phaseolus* se flétrirait au-dessous de 6° ; il se conserve toujours frais au contraire, sans s'accroître toutefois.

Quatrième expérience. — J'ai déraciné des plants de *Taraxacum officinale* bien pourvus de racines, de feuilles et de boutons, et je les ai laissés à une température de 4 à 5°. Au bout de vingt-quatre heures, les hampes et les boutons n'avaient pas grandi, mais étaient restés parfaitement turgescents. Je fis la résection des hampes aux deux extrémités et je les plongeai dans une solution de sel de 10 0/0. Elles s'y contractèrent de 10 0/0. Chaque hampe avait été exactement mesurée avant comme après la plasmolyse. Ces hampes contractées furent ensuite plongées dans l'eau, trois à une température de 15° et les trois autres à une température de

Digitized by Google

1°,5 à 2°,5. Au bout de trois quarts d'heure, les unes comme les autres avaient repris leurs dimensions premières.

Toutes ces expériences prouvent surabondamment que la turgescence est simplement une condition accessoire, indispensable si l'on veut, de la croissance, mais qui n'en est pas la cause efficiente et unique, comme le croyait Darwin.

Or, comme les mouvements de nutation ne s'accomplissent que pendant la période de croissance, leur explication doit être recherchée non dans le simple phénomène de turgescence, mais dans celui plus complexe de la croissance, et en particulier dans l'inégalité de croissance des organes.

Ainsi se trouve réfutée cette assertion de Darwin d'après laquelle « l'accroissement n'a qu'une action secondaire sur la circumnutation, et la cause primordiale de celle-ci est la turgescence des cellules, amenant la tension des parois cellulaires [1] ».

CHAPITRE III.

HÉLIOTROPISME.

Il y a deux espèces d'héliotropisme : l'un, appelé positif, porte les plantes vers la lumière ; l'autre, plus rare, et appelé négatif, les porte dans une direction opposée.

L'héliotropisme positif se remarque dans la presque généralité des tiges, pendant toute la durée de leur croissance. Même les tiges appartenant à des plantes poussant à la grande ardeur du soleil, et que leur raideur semble rendre réfractaires à l'héliotropisme, s'y montrent sensibles dès qu'elles poussent dans des endroits, ombragés (*Cicorium Intybus*, *Verbena officinalis*, *Sisymbrium strictissimum*, *Achillea millefolium*). A la limite des plantes héliotropiques et anhéliotropiques, se trouvent les tiges de *Dipsacus* et d'*Equisetum*. Comme plantes franchement anhéliotropiques, on peut citer le *Verbascum thapsus* et le *V. phlomoïdes*.

---

[1] Darwin ; *The power of movement in plants*. London, 1880, pag. 2, trad. franç. Introd., pag. 3.

Digitized by Google

L'héliotropisme est plus difficile à constater dans les feuilles, parce qu'elles subissent encore d'autres influences. Cependant, si une feuille tenue à l'ombre est éclairée d'un seul côté, elle se tourne sensiblement vers la lumière. Quand certaines Campanules (*C. Trachelium, C. persicifoliæ*) se trouvent dans l'épaisseur des forêts, leurs feuilles s'étalent horizontalement dans toutes les directions. Mais si elles sont placées à la lisière des bois, toutes les feuilles se dirigent vers la lumière. Il arrive même assez souvent, dans ce cas, que les feuilles soient toutes disposées du même côté de la tige, et que la tige elle-même subisse une forte torsion, pour permettre cette disposition unilatérale.

Les jeunes embryons de Sapin offrent un autre exemple d'héliotropisme foliaire. Quand ils poussent en pleine forêt, tous les cotylédons se placent en forme d'étoile dans un même plan horizontal.

Au contraire, quand ils se trouvent à la lisière des forêts, ils se dirigent tous du côté de la lumière, et chacun se courbe en prenant la forme d'une faucille posée à plat.

L'héliotropisme affecte donc les tiges et les feuilles, c'est-à-dire tous les organes végétatifs ; il existe également dans les fleurs et dans les capitules. Mais il affecte rarement les verticilles floraux eux-mêmes, et je ne l'ai constaté que sur la couronne florale du *Melampyrum nemorosum*, sur les étamines de *Plantago media*, sur les ovaires de l'*Epilobium roseum* et de l'*Arabis turrita*.

En général, quand les fleurs et les capitules se tournent vers la lumière, c'est le pédoncule qui est le siège du mouvement, et les fleurs elles-mêmes restent dans un état purement passif.

Quoi qu'il en soit, il faut distinguer ici deux sortes de mouvements : ou bien les fleurs prennent une direction fixe vers la lumière, ou bien elles suivent le cours du soleil. Toutefois, entre ces deux cas extrêmes, nous pouvons constater une foule d'intermédiaires.

L'*Helianthus annuus*, ou grand soleil, est ordinairement cité comme type des fleurs qui suivent la marche du soleil ; c'est à

Digitized by Google

tort. Il ne présente que faiblement ce phénomène, et seulement au moment où la floraison va commencer, à condition encore qu'il soit placé dans un endroit peu éclairé. Un bien meilleur exemple nous est offert par le *Tragopogon pratense* et le *T. orientale*, qui suivent franchement le cours du soleil. Un peu avant le lever de l'astre, leurs capitules encore fermés sont tournés déjà vers l'orient. Au moment de son lever, les capitules s'ouvrent et se tournent exactement vers lui. Si en ce moment vous traversez un pré en vous dirigeant vers le couchant, toutes les fleurs vous regardent, et si vous le traversez en sens inverse, vous n'apercevez que les involucres. Ces fleurs suivent la marche du soleil jusqu'à l'heure de midi ; elles se ferment alors, mais les capitules fermés continuent leur marche vers le couchant. Au crépuscule du soir, ils se redressent sous l'influence du géotropisme, et l'aube matinale les attire de nouveau vers l'orient. Il faut remarquer que, dans les journées très chaudes, ces fleurs ne suivent le soleil que jusque vers onze heures et que la lumière trop intense les frappe d'immobilité.

Ce qui forme ici l'exception devient la règle pour d'autres plantes. Le *Sonchus arvensis*, par exemple, suit le soleil depuis son lever, mais ne va pas au-delà du Sud-Est, où il reste stationnaire, pour se redresser le soir sous l'action du géotropisme. Je montrerai plus tard que cette suspension du mouvement héliotropique est produite par la trop grande intensité de la lumière.

On a constaté récemment des phénomènes d'héliotropisme positif même parmi les champignons, notamment dans le pied unicellulaire qui supporte le sporange des *Pilobolus*. Nous aurons à revenir sur ce fait, qui intéresse tout particulièrement le débat.

Héliotropisme négatif. — L'héliotropisme négatif est regardé à tort comme très rare. Il ne produit pas des mouvements aussi apparents que l'autre, mais il est très répandu.

Certaines racines aériennes fuient manifestement la lumière, Les racines souterraines cultivées dans l'eau et obliquement

Digitized by Google

éclairées montrent la même répulsion. Le fait est frappant chez le *Sinapis alba*. Il faut dire néanmoins que toutes les racines aériennes n'y sont pas sensibles au même degré. Sur 61 espèces observées par moi, 27 le sont très fortement, 24 médiocrement, 6 d'une façon très faible et 4 d'une manière absolument nulle.

Les vrilles de la Vigne ordinaire et de la Vigne vierge, du *Smilax aspera*, du *Bignonia capreolata* fuient manifestement la lumière. Il en est de même de plusieurs tiges quand elles poussent à une lumière vive (*Hedera helix*, *Tropæolum majus*). Le phénomène est encore assez sensible dans plusieurs autres espèces (*Cicorium Intybus*, *Galium verum*, *G. Mollugo*, *Urtica dioica*; pousses de *Cornus mas*, de *Quercus Cerris*, d'*Acer campestris*).

Siège de l'héliotropisme. — Le siège de l'héliotropisme se trouve dans la région de l'organe en voie de développement, et même il ne comprend pas cette région tout entière.

Il est facile de constater que l'extrémité de l'organe, la partie la plus jeune par conséquent, ne réagit pas contre la lumière. L'héliotropisme n'est possible que dans une région inférieure, et par conséquent plus ancienne. Je puis ajouter dès maintenant que le géotropisme n'agit également que sur cette région. Ainsi, la cime de tout organe est anhéliotropique. L'héliotropisme commence un peu plus bas seulement, pour aller en augmentant et arriver à son maximum, puis diminuer de nouveau et disparaître à mesure que l'on approche de la partie inférieure de la tige, qui ne croît plus. La force d'héliotropisme est donc parallèle à la force de croissance ; mais les maxima de l'une et de l'autre ne correspondent pas exactement, comme nous le montrerons plus loin.

Ainsi, l'extrémité de la tige est anhéliotropique, et si elle s'incline vers la lumière, c'est par un mouvement tout passif. N'étant pas turgescente comme les parties en plein accroissement, mais au contraire molle et flasque, le moindre poids l'incline, comme

Digitized by Google

il arrive dans le *Corylus Avellana* et l'*Ulmus campestris*, où la partie héliotropique est assez étendue pour permettre cette courbure. Aussi les rameaux de ces arbres poussent-ils toujours dans la direction de la lumière. Le même effet se produit chez les boutons de Pavot et de beaucoup de Géraniums ; mais si la partie héliotropique sous-jacente est trop courte, la cime reste immobile, comme dans les *Cornus*.

Intensité de la lumière. — J'ai fait mes observations à ce sujet avec un bec de gaz d'une énergie uniforme de 6,5 bougies normales anglaises, et j'ai pris pour unité cette flamme placée à un mètre de l'objet éclairé. Or j'ai constaté que la plupart des embryons sont encore sensibles à une intensité égale à 0.008 de cette unité.

D'autre part, il y a un maximum d'intensité lumineuse où l'embryon commence à se montrer sensible ; puis, à mesure que l'intensité baisse, la force héliotropique augmente, atteint un maximum, pour diminuer ensuite et arriver à zéro.

Le tableau suivant va vous faire comprendre cette marche :

	Maxim.	Optim.	Minim.
Vicia sativa (partie épicotylée).....	204	0.44	0.008
Pisum sativum.....	210	0.11	0.008
Vicia Faba.....	123	0.16	0.012
Helianthus annuus (partie hypocotylée).	330	0.16	0.027
Salix alba (pousses étiolées).....	400	6.25	1.560

N.-B. — La valeur maximum n'a pu être constatée que d'une façon approximative.

Ces rapports entre l'intensité lumineuse et l'énergie de l'héliotropisme s'expliquent tout naturellement si l'on admet que les phénomènes d'héliotropisme résultent de la différence d'éclairement entre la face antérieure et la face postérieure. Le côté directement exposé à la lumière subit l'intensité lumineuse la plus forte, et cette intensité va en diminuant à mesure que la lumière pénètre dans les tissus sous-jacents, jusqu'à la face postérieure. Quand la lumière est très-vive, cette différence est peu

Digitized by Google

sensible ; d'autre part, il se présentera une limite inférieure où la lumière trop faible n'agira plus sur l'organe : c'est notre minimum. Mais à partir du maximum, l'héliotropisme doit évidemment grandir, pour atteindre un optimum, puis diminuer peu à peu et s'abaisser jusqu'au minimum.

Cette explication est confirmée par une foule de faits. On sait, par exemple, que sous l'action de la lumière la croissance en longueur est ralentie. Il suffit de comparer un embryon poussé dans l'obscurité avec un autre poussé à la lumière. Le premier est bien plus long. Or, une tige éclairée latéralement est soumise à l'une et à l'autre condition. La face exposée à la lumière se comporte comme l'embryon poussé au grand jour, et se développe lentement ; la face opposée pousse plus vite, comme l'embryon tenu à l'obscurité. Or, comme les deux faces sont soudées l'une à l'autre, l'organe dévie et se courbe.

Si l'on éclaire avec une intensité constante une série de germes que l'on fait pivoter régulièrement sur leur axe, de manière à les soustraire aux effets d'héliotropisme, on remarque que les germes s'allongent d'autant plus qu'ils sont plus éloignés de la source lumineuse. Toutefois cette différence cesse à une certaine limite, à partir de laquelle toutes les tiges gardent la même longueur. La lumière est devenue trop faible pour que la plante réagisse, et celle-ci se comporte comme si elle était dans une obscurité complète.

Ces faits montrent clairement que la lumière ralentit la croissance ; il y a même certains degrés d'intensité qui l'arrêtent complètement. Des germes de *Vicia sativa* tirés de l'obscurité et exposés aux rayons solaires cessent de grandir, alors même que toutes les autres conditions de germination se trouvent les plus favorables. Cela rend compte de l'immobilité des capitules de *Tragopogon* pendant les fortes chaleurs du milieu du jour, et de celles des *Sonchus arvensis*, dont les mouvements s'arrêtent même déjà vers 10 heures du matin.

Ajoutons l'intéressante observation que certains bourgeons foliaires suivent la marche du soleil comme les fleurs, et,

Digitized by Google

comme elles, subissent un temps d'arrêt vers le milieu du jour (*Helianthus tuberosus*).

Direction de la lumière. — L'héliotropisme étant l'effet d'une différence d'éclairement entre les deux faces d'un organe, il va de soi que si la lumière tombe d'aplomb sur le sommet de cet organe, aucun effet héliotropique ne pourra se produire. Mais si l'organe est éclairé obliquement, il s'infléchira jusqu'à ce que son sommet arrive dans la direction de la lumière, et, cette direction atteinte, il n'en déviera plus.

Cela est vrai pour l'héliotropisme tant positif que négatif. Dans la nature, cette direction définitive est rarement atteinte. L'explication est très simple. Si la lumière tombe à angle droit sur un organe, elle agit avec la plus grande force sur les tissus; mais comme cet angle diminue à mesure que l'axe dévie vers la lumière, l'action de celle-ci diminue également ; la tige, tout en se rapprochant de la lumière, se trouve moins éclairée, tandis que les feuilles commencent à être orientées plus favorablement pour recevoir la lumière.

Couleur de la lumière. — Tous les rayons du spectre solaire, même les rayons calorifiques obscurs et les rayons invisibles situés au-delà du violet, ralentissent la croissance, mais tous n'agissent pas au même degré. Le minimum d'influence se trouve aux rayons jaunes du spectre; à partir de ce point, l'action grandit d'une part jusqu'à l'ultra-violet, et d'autre part jusqu'à l'ultra-rouge.

Cet état de choses ferait supposer que tous les rayons du spectre provoquent de l'héliotropisme positif et que cette force héliotropique doit augmenter à partir des rayons jaunes jusqu'au violet d'une part et au rouge de l'autre. Il n'en est rien : cette contradiction n'est qu'apparente. La lumière jaune, n'ayant qu'une action très faible sur la croissance, ne peut agir que si la lumière est très intense. Or, dans ces conditions la lumière traverse l'organe de part en part, si bien que les deux faces se trouvent également éclairées, d'autant plus que les tissus se laissent facile-

Digitized by Google

ment traverser par les rayons jaunes. Toutefois, si la tige était plus épaisse, il y aurait, à coup sûr, une manifestation d'héliotropisme.

Les expériences de réfraction peuvent servir à constater avec précision le degré de sensibilité héliotropique d'un organe.

Lumière intermittente. — L'action de la lumière oblique se continue encore pendant un certain temps après que la lumière a disparu. Une quantité déterminée de lumière provoque un résultat héliotropique également déterminé, qu'on peut schématiser par une courbe d'abord ascendante puis descendante. Ce résultat ne peut être modifié par aucune influence ultérieure, et le mouvement héliotropique se continue aussi bien dans l'obscurité et malgré l'effet géotropique qu'on essaie de provoquer, en plaçant l'organe horizontalement. J'ai appelé ce phénomène : *induction photomécanique*.

L'induction photomécanique résulte d'une surabondance de lumière reçue par un organe. Pour mesurer cet excédant, je fus amené à faire des expériences sur la lumière intermittente. En plaçant des germes de Cresson et de *Vicia* dans une lumière intermittente de seconde en seconde, je vis que les effets d'héliotropisme étaient aussi forts que si la lumière eût été continue. On peut même éclairer un germe à raison d'une seconde de lumière pour deux secondes d'obscurité, sans qu'il se courbe moins vite ou moins fort que si la lumière était continue. Mais c'est la limite inférieure de temps, et l'excédant équivaut donc à deux tiers de la lumière continue [1].

Action combinée de l'héliotropisme positif et négatif. — L'héliotropisme positif, nous l'avons vu, ne se manifeste non plus que dans les organes en voie de développement ; seulement il est plus tardif que l'héliotropisme positif.

---

[1] Voy. Mikosch et Stöhr ; in *Sitz. d. Kais. Akad. der Wiss.*, 15 juillet 1880 ; et *Revue. des Sc. natur.*, 3e série, tom. I, pag. 403.

Digitized by Google

L'explication à donner est la même, avec cette différence que c'est la face éclairée qui pousse le plus vite et infléchit l'axe vers l'obscurité. Il y a en effet des organes négativement héliotropiques qui ne poussent pas du tout à l'obscurité : par exemple, les axes hypocotylés de Gui, et j'ai constaté que la quantité de lumière nécessaire pour faire développer un germe, suffit également pour développer l'héliotropisme négatif.

Cependant il y a des racines aphéliotropiques, c'est-à-dire négativement héliotropiques, qui, loin de cesser de pousser à l'obscurité, s'y développent plus vite. Ce fait semble tellement opposé à ma théorie, qu'on n'a pas manqué de l'invoquer pour me combattre. Mais la contradiction n'est qu'apparente.

La tige du *Tropœolum majus* est aphéliotropique, comme l'a constaté M. Sachs. Mais j'ai reconnu qu'à une faible lumière elle montre d'abord de l'héliotropisme positif, et que le mouvement inverse ne se produit qu'à une lumière intense. Il en est de même des bourgeons de Lierre et d'une foule d'autres tiges, surtout vers la fin de la période de croissance. Il n'y a donc pas de raison pour que ces organes poussent plus lentement à l'obscurité. C'est le contraire qui doit avoir lieu, puisqu'à une lumière faible ils sont soumis à l'héliotropisme positif.

J'ai pu constater que l'héliotropisme négatif est très-répandu dans la nature, et il est permis de penser qu'il est commun à la généralité des plantes. A mon avis, les deux modes d'héliotropisme sont inséparables. Chaque organe possède dans ses tissus complexes des éléments positifs et négatifs, dont les uns recherchent la lumière, les autres l'obscurité. Or, tant que la tige est riche en parenchyme et que les faisceaux vasculaires (libéro-ligneux) ne sont pas encore formés, elle manifeste de l'héliotropisme positif, et ce n'est que plus tardivement, alors que les faisceaux sont développés, qu'elle montre de l'héliotropisme négatif. J'en conclus que le parenchyme forme l'élément positif et les faisceaux vasculaires l'élément négatif.

Cette conclusion est confirmée par l'expérience suivante. On sait que si l'on expose des embryons à un soleil intense, ils ne

Digitized by Google

se développent pas du tout, puisque la lumière intense arrête la croissance des tiges. D'autre part, il existe une limite inférieure d'intensité lumineuse à laquelle les embryons grandissent aussi vite qu'à une obscurité complète. Voici maintenant mon expérience. Si l'on expose un embryon aux divers degrés d'intensité lumineuse compris entre ces deux limites extrêmes, on remarque les variations suivantes : A partir de la limite supérieure, la croissance augmente à mesure que la lumière diminue ; elle atteint bientôt un premier maximum peu élevé, après quoi elle commence à diminuer, pour arriver à un certain minimum. Enfin elle reprend une marche ascendante, pour atteindre un second maximum très élevé, au moment où la valeur de la lumière équivaut à l'obscurité.

Cette expérience nous amène aux conclusions suivantes : La faible croissance qui se manifeste à la haute intensité de la lumière doit être attribuée aux éléments négatifs dont la lumière vive favorise le développement et qui trouvent un optimum de végétation à un certain degré d'intensité. A partir de ce point, ce sont les éléments positifs qui entrent en jeu et se développent d'autant plus vite que la lumière devient plus faible. Si donc un organe possède des éléments négatifs et positifs, on le verra manifester de l'héliotropisme positif ou négatif selon le degré d'intensité lumineuse qu'il reçoit et aussi selon la proportion respective des deux espèces d'éléments qu'il renferme.

Si, comme c'est la règle chez les jeunes organes, le parenchyme, c'est-à-dire l'élément positif, l'emporte, la plante montrera de l'héliotropisme positif à une lumière faible et aucun héliotropisme à une lumière intense. Mais dans une tige plus âgée, où les éléments négatifs, c'est-à-dire les faisceaux vasculaires, sont devenus plus abondants, la lumière intense provoquera forcément de l'héliotropisme négatif.

Dans certains cas au contraire les deux effets peuvent se combattre et s'annuler.

Mécanisme de l'héliotropisme — J'ai pu constater, pour

Digitized by Google

l'héliotropisme positif, que la turgescence est plus grande à la face obscure de la tige que du côté opposé. Cette différence suffit à elle seule à produire une courbure héliotropique, en supposant toutes les autres conditions de tension égales. J'ai constaté en outre une supériorité de ductilité dans les tissus de la face non éclairée, ce qui favorise cette même courbure héliotropique dans les organes multicellulaires. Quant aux organes unicellulaires, comme le pied sporangifère du *Pilolobus crystallinus*, cette différence de ductilité entre la face obscure et la face éclairée est la cause unique de l'héliotropisme, puisqu'il ne peut exister qu'une pression unique dans une seule et même cellule, et que l'on ne peut pas faire intervenir la différence de turgescence.

Il n'y a pas lieu d'admettre la distinction que Pfeffer a voulu établir entre deux prétendues espèces d'héliotropismes positifs: celui des organes unicellulaires produit uniquement par la différence de turgescence, et celui des organes pluricellulaires, où interviendrait en outre la différence de ductilité.

On n'est pas encore bien fixé en détail sur le rôle complet de la lumière, soit dans l'héliotropisme, soit dans les modifications du protoplasma; mais ce qu'il est permis d'affirmer, c'est que la lumière diminue la turgescence et l'élasticité de la paroi cellulaire. Ces deux propriétés se trouvant plus développées vers la face obscure, il en résulte forcément un plus grand allongement de ce côté.

Pour les organes unicellulaires, la turgescence est plus grande quand ils sont placés à l'ombre. Mais supposez cette turgescence suffisante pour exercer une tension sur les parois : il arrivera que, si vous l'éclairez obliquement, la paroi éclairée perdra de son élasticité, et le côté opposé, continuant son mouvement d'expansion, infléchira la cellule vers la lumière. Le mécanisme de l'héliotropisme négatif s'est dérobé jusqu'à présent à mes investigations, et, comme je suis l'ennemi des hypothèses vaines, je ne tenterai aucune explication.

CRITIQUE DES THÉORIES DE DARWIN AU SUJET DE L'HÉLIO-

Digitized by Google

TROPISME. — Abordons maintenant les théories darwiniennes sur l'héliotropisme. Elles peuvent se résumer en cinq propositions :

1° Les mouvements héliotropiques ne sont que les modifications diverses d'une seule et même force innée aux plantes et appelée *circumnutation*.

2° L'héliotropisme augmente en raison de l'intensité de la lumière.

3° La lumière agit sur les plantes de la même façon que sur le système nerveux des animaux, c'est-à-dire qu'elle les irrite. Ce qui le prouve, c'est que la courbure héliotropique, tout en grandissant avec elle, ne diminue pas de même.

4° La lumière agit comme une irritation, puisque les plantes sont sensibles à tous les contrastes de lumière et d'obscurité.

5° L'influence de la lumière se propage des parties lumineuses vers les parties obscures, et provoque ainsi des effets d'héliotropisme, même dans des parties qui par elles-mêmes ne sont pas héliotropiques.

Je vais commencer par l'examen de la dernière des cinq propositions. Elle me paraît en effet la plus importante.

Les expériences de Darwin à ce sujet ont porté sur des cotylédons de diverses Graminées aussi bien que sur des tigelles. Or, comme toutes les Graminées se distinguent par la complication de leurs mouvements, nous allons fixer plus particulièrement notre attention sur les expériences concernant les tigelles.

Darwin exposa à la lumière oblique des germes de *Brassica oleracea* d'un pouce anglais de long. Ils se courbèrent en arc dans toute leur longueur, du côté de la lumière. Darwin conclut que la flexion de la partie inférieure est produite par l'héliotropisme aussi bien que la supérieure, et résulte d'une irritation dont la partie supérieure est le point de départ. Ce qui doit le prouver, c'est que la partie inférieure, qui se courbait dans une tigelle intacte, restait droite, et demeurait inerte quand la tigelle était décapitée.

Digitized by Google

Voici ma réponse. Il y a déjà un certain nombre d'années que j'ai attiré l'attention sur le fait suivant, observé dans le *Phaseolus multiflorus*[1]. Si l'on coupe le sommet héliotropique de la tigelle, la croissance s'arrête et tout mouvement d'héliotropisme et de géotropisme se trouve supprimé, bien que les cotylédons contiennent encore des matières nutritives et que la tigelle possède encore une portion susceptible de croissance, comme il était facile de le constater en la comparant à d'autres tigelles conservées intactes.

D'autres expériences analogues me permirent de tirer la conclusion suivante : Des tiges en voie d'accroissement supportent difficilement d'être mutilées, et toute mutilation suspend ou ralentit la croissance. Or, en supprimant la croissance on supprime par le fait même toute espèce d'héliotropisme et de géotropisme. Si la croissance est seulement ralentie, l'héliotropisme et le géotropisme diminuent en proportion. Il ne faut pas oublier en effet ce point capital, que l'héliotropisme est en raison directe de la croissance. Pour ne pas fatiguer le lecteur, je ne rapporterai ici que les plus importantes des nombreuses expériences que je fis sur ce sujet. Il est bon de remarquer que je me servais d'un rasoir pour couper la cime des tigelles, afin de ne pas écraser les tissus, et que je les plaçais dans les conditions de végétation les plus favorables. Pour les expériences de géotropisme, je plaçais les germes horizontalement, et pour celles d'héliotropisme je les exposais à l'optimum de l'intensité lumineuse propre à chaque organe.

Dans le tableau suivant, la lettre L indique la longueur de l'organe avant la décapitation ; *l*, la longueur de la cîme retranchée : T, l'accroissement en un nombre d'heures déterminé.

Expériences sur des embryons étiolés de *Phaseolus multiflorus*.

Embryon.	L	*l*	T = (24 heures).
a	44 millim.	0	48 %
b	42	2	30

[1] *Die undulirende Nutation. Sitzungsb. der Kais. Akad. der Wissench.*, B. LXXVII, 1878, pag. 25.

Digitized by Google

c	44	4	18
d	39	6	15
e	38	8	10
f	31	10	4
g	34	12	0
h	45	0	83

Les exemplaires *e* et *f*, quoique fortement décapités, auraient encore pu s'accroître de 20 à 24 °/o; *h* ne tarda pas à se redresser verticalement sous l'effet du géotropisme ; *a* et *b* trahirent des mouvements géotropiques, mais en moindre proportion que *h* ; *c-e* se redressèrent proportionnellement à leur force décroissante; *f* ne trahit que de faibles vestiges de géotropisme, *g* n'en montra plus aucune trace.

Embryons éliolés d'*Helianthus annuus*.

	L	*l*	T (48 heures).
a	52 millim.	0 millim	8,4 °/o
b	43	5	0
c	48	10	0
d	47	0	16

d se redressa très promptement sous l'effet du géotropisme, et devint vertical ; *a* se redressa beaucoup, *b* sensiblement, *e* aucunement. On sait que les embryons d'*Helianthus annuus* ne sont que très faiblement héliotropiques. Dans l'expérience concomitante que je fis avec la lumière oblique, *a* manifesta peu d'héliotropisme, *b* et *c* aucun ; mais l'embryon resté intact se courba sensiblement vers la source lumineuse.

Embryons étiolés de *Brassica oleracea*.

	L	*l*	T (24 h.)	(72 h.)
a	32 millim.	0 millim.	15 °/o	53
b	30	2	11	31
c	31	4	7	19
d	29	6	3	7
e	30	8	0	0
f	28	10	0	0
g	29	12	0	0
h	32	14	0	0
i	26	16	0	0
k	29	0	36	115

Digitized by Google

k s'infléchit très vite lorsqu'il fut exposé à la lumière, *a* plus lentement, *b*, *c* faiblement, *d* d'une façon à peine sensible, et tous les autres point du tout.

Dans des expériences parallèles sur le géotropisme, les embryons placés à l'obscurité dans une position horizontale se redressèrent diversement. *k* promptement, *a* imparfaitement, *b* et *c* faiblement, *d* presque insensiblement, et les autres point du tout.

Comme tous les sujets avaient été marqués de divisions millimétriques à l'encre de Chine, je pus vérifier leur croissance, tant chez ceux qui avaient été décapités que chez ceux qui étaient restés intacts. Je pus conclure que la croissance avait été ralentie ou arrêtée selon que la mutilation avait été plus ou moins grande.

En rapprochant l'ensemble de mes expériences de celles de Darwin, je constate une entière concordance dans les faits. Mais je constate non moins clairement que Darwin en a forcé les déductions. Les embryons mutilés au point de perdre leur faculté de croissance, perdent par cela même leurs facultés héliotropiques, et Darwin a tort de dire que des embryons décapités, mais conservant encore quelque faculté de croissance, ne se montrent plus héliotropiques.

L'illustre savant a fait une seconde série d'expériences auxquelles il attache la plus grande importance, et dont voici le résumé.

On sait que des tigelles exposées à la lumière oblique se courbent dans toute leur longueur et jusqu'au ras du sol. Or, Darwin ayant enveloppé le sommet des tigelles d'une baudruche couverte d'une couche d'encre de Chine pour intercepter la lumière, les tigelles ne se courbèrent plus du tout. La baudruche n'avait produit aucun effet par elle-même, et, ce qui le prouve, c'est que des tigelles enveloppées d'une baudruche simple n'en continuaient pas moins à se courber. Darwin tira donc la conclusion suivante :

C'est le sommet seul de la tigelle qui est affecté directement

Digitized by Google

par la lumière, et ce sommet transmet l'héliotropisme à la base, qui par elle-même est inerte.

Darwin crut en trouver de nouvelles preuves dans les expériences suivantes.

Des graines de *Brassica oleracea* furent placées sous une couche de sable fin d'un quart de pouce d'épaisseur. On avait expérimenté qu'une couche de 1/10 de pouce suffisait pour intercepter tout rayon lumineux, tant à l'état sec qu'à l'état humide. Lorsque les axes hypocotylés eurent atteint une longueur de 0,04 ou 0,55 de pouce, ils furent chaussés d'une épaisse couche de sable et exposés à l'action d'une lampe de paraffine pendant neuf heures. Toutes les tigelles s'infléchirent vers la lumière, et la base se courba si fortement qu'elle creusa dans le sable un sillon de 0,01 de pouce. Darwin se crut donc autorisé à attribuer cette inflexion de la base à la transmission de l'héliotropisme émané du sommet de la tigelle.

Pour moi, je vois d'abord dans cette expérience et dans toutes les autres analogues, une preuve de la grande force héliotropique du sommet de l'axe épicotylé. Cela est parfaitement d'accord avec mes théories, car la force de croissance est beaucoup plus forte au sommet de la tige qu'à la base, et j'ai fait voir que l'énergie héliotropique est en raison directe de celle de la croissance et a son siège dans la même région de la tigelle. En second lieu, j'y vois la constatation de ce fait : que la base de la tigelle est absolument insensible à l'action de la lumière, c'est-à-dire anhéliotropique. Mais quant à la transmission de l'héliotropisme, elle n'est rien moins que prouvée.

En effet, si l'on songe d'une part à la grande force d'héliotropisme qui fait courber ces tigelles si tendres, et d'autre part à leur peu d'élasticité, il faut admettre que la force exercée au sommet entraînera nécessairement la base. Ajoutez que le poids de la cime que la courbure héliotropique met en surplomb, entraînera encore davantage la partie inférieure. Ce poids est peu de chose, je l'avoue ; mais en exerçant une traction sur la face obscure et une pression sur la face éclairée, il détermine une

Digitized by Google

croissance inégale dont l'effet s'ajoutera à celui de la courbure héliotropique.

Voici maintenant une expérience personnelle que j'oppose à celles de Darwin. Le but en avait été d'abord d'isoler les effets de la gravitation de ceux de l'héliotropisme, mais elle s'applique admirablement au but nouveau que je me proposais. Il s'agissait de soustraire des pousses de Cresson de 2 à 5 centimètres, à l'effet de la gravitation, tout en les tenant éclairées d'un seul côté.

Voici l'appareil que j'imaginai. Qu'on se représente une grosse pendule marine avec son cadran vertical. Les aiguilles sont remplacées par un disque de métal muni de quatre cornets en métal, orientés dans le sens des aiguilles et pouvant recevoir de petits vases cylindriques. Les embryons de Cresson furent plantés dans de petits vases de terre, et, quand ils eurent atteint la hauteur voulue, on disposa les vases dans les quatre cornets du disque, puis l'horloge fut mise en marche. Le disque faisait un tour par heure. L'appareil se trouvant placé dans ma chambre obscure, dont j'ai donné ailleurs la description, je posai une flamme de 6,5 bougies normales en face de l'axe de rotation du disque, qui était couvert d'une couche de noir opaque, ainsi que le reste de l'appareil. Chaque pousse de Cresson tourna donc comme fait l'extrémité des aiguilles dans une horloge, en passant successivement par les positions verticale, debout, horizontale et verticale renversée, tout en présentant sans cesse le même côté à la flamme. Celle-ci était placée à $2^{m},50$, de manière à réaliser l'optimum d'intensité lumineuse pour l'héliotropisme. Comme terme de comparaison, des embryons de Cresson du même âge que ceux de l'appareil de rotation furent placés sur un terrain immobile à une distance égale de la lumière.

La courbure héliotropique se produisit en même temps sur l'un et l'autre appareil. Mais quand je changeais la distance de la flamme, elle se produisait plus vite sur l'appareil de rotation, parce que le géotropisme négatif contrariait la croissance dans

Digitized by Google

les germes immobiles, tandis que j'ai toujours pu constater que l'optimum d'éclairement annulait les effets de géotropisme.

Exposons maintenant l'ensemble des résultats de notre expérience. Sur l'appareil de rotation, les tigelles ont conservé leur partie inférieure absolument droite et la cime se dirigeait vers la lumière en formant brusquement un angle avec la base. Sur l'appareil immobile, les tigelles se sont courbées dans toute leur longueur, jusqu'au ras du sol.

D'où vient cette différence ? Les conditions d'éclairage étant les mêmes, les effets d'héliotropisme ne peuvent être dissemblables. La différence doit donc venir de ce que les tigelles en rotation étaient soustraites à l'action unilatérale du géotropisme. La courbure de la base dans les tigelles immobiles ne résulte donc pas de l'héliotropisme, mais du poids avec lequel le sommet, en se courbant héliotropiquement, pèse sur la partie inférieure. C'est un phénomene de croissance produit par la traction opérée sur la face obscure de l'organe et la pression exercée sur la face éclairée. Or, sur l'appareil de rotation, ce double effet de traction et de pression se trouvait complètement supprimé.

Je dois ajouter que la courbure héliotropique des tigelles formait un angle droit avec le plan du disque de rotation. Ce fait indique que la cime obéissait à l'influence lumineuse avec une exactitude absolue, car elle se plaçait parallèlement au plan d'incidence des rayons.

Deux conséquences ressortent de cette expérience.

Premièrement, la théorie de Darwin sur la transmission et l'irritation héliotropiques est fausse, car, s'il y avait transmission, la base de la tigelle n'aurait pas manqué de se courber en recevant l'irritation de la cime.

Deuxièmement, la base de la tigelle est insensible à l'action de l'héliotropisme.

Cette expérience, répétée avec des germes de toute espèce, m'a toujours donné les mêmes résultats. Jamais je n'ai vu se courber que la partie de la tigelle directement héliotropique.

Digitized by Google

Avait-elle 1 à 1,5 centim. de long, elle s'infléchissait jusqu'au ras du sol ; avait-elle de 2 à 4 centim., elle se courbait jusqu'à la moitié ou au tiers de la hauteur. Ne négligeons pas de remarquer que si les tigelles courtes se plient jusqu'au sol, on ne peut pas accuser l'appareil de rotation de fausser les effets de l'héliotropisme dans les tigelles plus longues, qui ne se courbent que jusqu'au tiers ou à la moitié.

N'est-il pas évident que ce que Darwin regardait comme le résultat d'une irritation est donc un effet du surplombement de la cime, qui fait intervenir dans la croissance le double effet de traction et de pression ?

Je vais prouver à présent que, même les parties susceptibles d'héliotropisme ne se courbent pas lorsqu'elles ne sont pas directement éclairées, alors même qu'une partie voisine s'infléchit. Ce fait achèvera de ruiner la théorie de l'irritation transmise.

Quatre embryons de *Brassica oleracea* furent placés, comme pour l'expérience précédente, dans les quatre cylindres de l'appareil de rotation ; seulement ils étaient encore tous les quatre susceptibles de se plier héliotropiquement jusqu'au ras du sol, et n'avaient qu'un centimètre de hauteur. Devant deux des embryons, deux feuilles de métal enduites d'une couche de noir opaque furent disposées de telle façon que la partie supérieure de la tigelle restât seule éclairée. La moitié inférieure se trouvait dans l'obscurité, mais avait encore assez d'espace devant elle pour s'infléchir librement. Deux plaques latérales interceptaient la lumière réfractée. Au bout d'une heure et demie, je vérifiai les résultats. Les deux tigelles entièrement éclairées s'étaient courbées jusqu'au niveau du sol ; dans les deux autres, la partie inférieure, restée à l'obscurité, s'était maintenue droite.

Dans une autre expérience, je ne mis pas assez de terre pour remplir complètement le cylindre de verre, dont un rebord de 3 à 4 millim. fut laissé libre et couvert extérieurement de pa-

Digitized by Google

pier noir, tandis qu'intérieurement j'appliquai une couche de couleur noire. Ainsi la tigelle, en sortant de terre, ne rencontrait pas aussitôt les rayons lumineux ; elle avait à traverser d'abord une zone d'obscurité, jusqu'au moment où elle dépassait le niveau des rebords du cylindre. Le résultat de l'expérience fut que les parties non directement éclairées demeurèrent verticales, bien qu'elles fussent très fortement héliotropiques.

Je renouvelai ces diverses expériences de rotation avec des embryons de *Phalaris canariensis*, pour lesquels Darwin semble avoir une sorte de prédilection, et qui sont en réalité d'une étonnante sensibilité. Ainsi, les germes étiolés de ce *Phalaris* (toujours rouges dans cet état) se courbent aussi rapidement vers la lumière que des germes de *Vicia* en pleine croissance.

Les résultats furent les mêmes, avec cette particularité que la différence de courbure entre les germes tournants et les germes immobiles était moindre que dans les embryons dicotylédonés. Cela confirmait encore ma façon de voir. Il y a en effet une grande différence de volume et de poids entre les sommets des tigelles monocotylédonées et dicotylédonées ; la cime du *Phalaris*, n'étant qu'une pointe légère, exerçait une moindre pression sur la base de l'organe.

Je fis encore une série d'expériences avec le *Vicia sativa*. Il y a déjà plusieurs années que j'ai fait connaître l'extrême sensibilité de ces sortes de germes quand ils sont étiolés : l'héliotropisme y est si fort qu'il annule presque le géotropisme. Je les choisis de 3 à 4 centim. de longueur, et je les plaçai dans de petits pots, la tête en bas. On n'avait donc pas à craindre d'influence géotropique, et la cime ne pouvait pas non plus peser sur la base. La lumière se trouvant placée à la distance optimum de $1^m,50$, les uns furent éclairés dans toute leur longueur, et les autres sur une longueur de 7 ou 8 millim. à partir de la pointe. Des feuilles de métal plantées dans la terre des pots servaient d'écran et la base des tigelles se trouvait dans une obscurité absolue. Le résultat fut que la cime se courba constamment vers

Digitized by Google

la lumière, en formant avec la partie non éclairée de la tigelle un angle presque droit.

Au contraire, les germes éclairés dans toute leur longueur s'infléchissaient en formant un angle plus ouvert, et la courbure héliotropique descendait jusqu'à un point inférieur à celui où elle s'arrêtait brusquement dans les autres.

Comme je n'oubliais jamais de tracer sur les tigelles des divisions millimétriques, je pus constater à chaque expérience que la courbure ne porte que sur la région en pleine croissance, et seulement si elle est directement exposée à la lumière.

Voici une expérience qui se recommande par sa simplicité. Faites pousser des germes de *Vicia sativa* devant une flamme normale, en les plaçant exactement sur le même plan horizontal que la lumière. Exposez-les un moment à une faible lumière solaire, tombant aussi horizontalement, afin d'augmenter leur sensibilité; puis exposez-les de nouveau à la lumière normale, en les maintenant toujours horizontales, mais de telle sorte que la tigelle soit perpendiculaire au plan d'incidence de la lumière. Il vous sera facile, au moyen d'écrans, de constater que la partie héliotropique de la tigelle ne se courbe que dans les points exposés directement aux rayons lumineux. Disposez les écrans de manière à mettre exactement la tigelle dans l'ombre, et vous verrez que la courbure héliotropique ne se manifestera qu'au fur et à mesure que la croissance portera la cime en dehors de la zone obscure.

La théorie de Darwin se trouve donc renversée de fond en comble, puisque même les parties susceptibles encore d'héliotropisme ne se courbent qu'autant qu'elles sont directement exposées à la lumière. Aucune transmission d'irritation ne se produit, et pour ce qui est du sillon que les tigelles de Darwin impriment sur le sable, on n'y peut voir qu'une pression mécanique. Cette pression est d'ailleurs très faible, et, pour peu que le sable soit tassé, aucun sillon ne se produit pas plus que dans l'argile finement pétrie.

Digitized by Google

Intensité lumineuse. — Selon Darwin, l'héliotropisme augmente avec l'intensité de la lumière. Ce principe n'est pas plus fondé que le principe contraire, soutenu par Payer.

Mes expériences personnelles m'ont démontré qu'en présence d'une intensité lumineuse décroissante, l'héliotropisme augmente d'abord graduellement jusqu'à un certain maximum, puis diminue, pour tomber peu à peu à zéro.

Les idées de Darwin sur l'intensité lumineuse peuvent se résumer dans les deux propositions suivantes :

1° L'intensité lumineuse n'est pas proportionnée à l'héliotropisme, ce qui prouve qu'elle agit comme un stimulant.

2° La durée de l'éclairement n'est pas proportionnée à l'héliotropisme, ce qui prouve encore un phénomène d'irritation.

Examinons d'abord le premier point. Le manque d'accord entre l'héliotropisme et l'intensité de la lumière s'explique d'une façon bien simple : c'est que la différence d'éclairement entre la face obscure et la face éclairée de l'organe, différence qui provoque l'héliotropisme, n'est pas toujours en rapport avec l'intensité lumineuse. Il y a là un effet purement physique, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une irritation nerveuse.

Le second point n'est également vrai que dans un certain sens, et il trouve son explication dans ce que nous avons dit plus haut de l'induction photomécanique.

Si j'expose un germe à la lumière jusqu'à ce que l'induction héliotropique ait eu lieu et que je le place ensuite dans l'obscurité, la courbure héliotropique se produit aussi bien que s'il avait continué de séjourner à la lumière. Les germes de *Vicia* et de Cresson manifestent leur héliotropisme dans un temps donné, que la lumière soit continue ou qu'elle soit intermittente à raison d'une seconde d'éclairage pour deux secondes d'obscurité. Toutefois, il y a un minimum d'éclairement où l'héliotropisme est exactement proportionné à la lumière.

Cette persistance de l'effet lumineux qui se continue dans l'obscurité pourrait facilement donner le change et faire supposer

Digitized by Google

uu phénomène d'irritation nerveuse, comme le veut Darwin. Mais cette persistance, comme toute la question de l'induction photomécanique, se résout par une explication physique. La formation de la chlorophylle, c'est-à-dire d'une individualité chimique, se produit de même. J'ai été le premier à le montrer [1], et MM. Mikosch et Stöhr [2] l'ont démontré à leur tour par des expériences faites dans mon laboratoire, mais par une autre méthode. Pourtant, personne n'est tenté de faire un rapprochement entre ce phénomène et l'action du nerf optique. D'ailleurs MM. Bunsen et Roscoe [3], dans leurs belles recherches sur l'induction photochimique, ont montré que des faits analogues avaient eu lieu même en dehors du règne organique. Dans une expérience mémorable, ils ont montré que si l'on met en présence de l'hydrogène et du chlore, l'acide chlorhydrique ne se produit pas avec une activité uniforme lorsqu'on expose le mélange à la lumière. Celle-ci favorise la combinaison avec une force croissante jusqu'à une limite déterminée, et, si la lumière disparaît, la combinaison ne s'arrête pas pour cela, mais persiste dans l'obscurité pendant un temps donné et continue à produire de l'acide. Cette induction photochimique offre une analogie frappante avec les phénomènes de l'héliotropisme, et il est à croire qu'elle y joue un rôle. Sans doute il reste encore des points obscurs, mais ce que nous connaissons permet de faire ce rapprochement. Il y a toujours avantage à rapprocher un problème soumis à l'étude d'un problème déjà résolu, et c'est ainsi que procèdent les sciences naturelles.

La théorie des ondulations en acoustique n'est-t-elle pas née d'une comparaison entre les ondes liquides et les ondes sonores ?

Mais que pouvons-nous gagner à rapprocher l'action encore

---

[1] *Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze.* Wien, 1877, pag. 87 et suivantes.

[2] *Loc. cit.*

[3] *Poggendorfs Annalen,* B. X, 1857, pag. 481 et suiv.

Digitized by Google

inexpliquée de l'héliotropisme de l'action plus inexpliquée encore du système nerveux? Nous épaississons les ténèbres au lieu de les dissiper. Au contraire, si tout ce que nous connaissons de la vie des plantes a pu s'expliquer jusqu'ici par des effets mécaniques, il faut chercher également dans des effets mécaniques l'explication de ce que nous ne connaissons pas. La mécanique de la végétation renferme encore bien des mystères, mais nous en connaissons du moins certains facteurs, ne fût-ce que la turgescence, qui, de l'aveu même de Darwin; nous rend compte, à elle seule, d'une foule considérable de phénomènes.

Contrastes lumineux.— Il ne reste plus à examiner que le quatrième point de la théorie de Darwin.

Si les plantes héliotropiques sont sensibles aux contrastes lumineux, s'ensuit-il que la lumière agisse comme une irritation nerveuse?

Il est bon de reproduire textuellement le passage de Darwin. « Avant de connaître la sensibilité extrême des cotylédons du *Phalaris*, j'étais occupé à une expérience sur la circumnutation d'un embryon de cette plante dans l'obscurité. Pour faire les observations, je me servais d'une petite bougie que j'approchais pendant une ou deux minutes de la plaque de verre perpendiculaire où se transcrivaient les mouvements de circumnutation. Je fis ainsi dans un jour dix-sept observations à un intervalle d'une demi-heure ou de trois quarts d'heure. Le soir nous fûmes tout surpris de voir que vingt-neuf cotylédons étaient sensiblement courbés et s'infléchissaient vers la paroi de verre, dans la direction où se trouvait chaque fois la lumière. Ainsi, les apparitions si courtes de la bougie avaient suffi pour provoquer l'héliotropisme.

»Le même fait fut observé avec des germes de *Solanum Lycopersicum*, et nous fûmes tenté de l'attribuer à un phénomène d'induction photomécanique. Mais depuis que nous avons lu les observations de M. Wiesner, nous ne doutons pas que les effets de la lumière intermittente ne soient plus forts que ceux d'une

Digitized by Google

lumière continue, puisque les plantes se montrent particulièrement sensibles aux contrastes lumineux[1].»

Darwin appuie donc sa théorie en partie sur ses expériences personnelles, en partie sur les miennes. Les siennes, quoique un peu primitives et grossières, ont donné les mêmes résultats que les miennes, à savoir : que la lumière continue apporte à la plante un excédant de lumière. Quant à savoir si la lumière intermittente agit plus fortement que la lumière continue, comme le prétend Darwin, son expérience ne permet pas de se prononcer, tandis que les miennes tranchent la question.

Or elles ont formellement prouvé que l'effet de la lumière intermittente n'est pas le moins du monde plus fort que celui de la lumière continue. En dehors de l'induction photomécanique, elles ne montrent qu'une chose, c'est que la plante éclairée d'une manière continue reçoit un excédant de lumière qui reste sans action sur la courbure héliotropique et qui pourrait s'appeler lumière latente.

Il n'y a donc là rien qui justifie la théorie des contrastes, que Darvin formule encore à propos de quelques autres faits. Par exemple, des plantes, après avoir séjourné dans l'obscurité, se courbent plus rapidement vers la lumière; des germes émergeant de l'obscurité du sol sont plus sensibles que des bourgeons foliaires habitués aux rayons solaires. Ces faits sont exacts. On a bien souvent fait remarquer aussi que les plantes étiolées sont d'une sensibilité plus grande. Mais tous ces phénomènes s'expliquent bien plus simplement que par des effets de contraste, et tout bonnement par l'augmentation de l'énergie de croissance que les plantes acquièrent à l'ombre. Plus la lumière est intense, plus la croissance décline, et plus un éclairement unilatéral provoque rapidement les courbures héliotropiques.

Je dois citer ici une expérience personnelle qui me paraît tout à fait probante. J'ai constaté que des germes très sensibles peu-

---

[1] *La faculté motrice*, pag. 461-62 de la *Trad. franç.*, pag. 457 de *l'Édition anglaise*.

Digitized by Google

vent augmenter encore de sensibilité si l'on diminue légèrement la turgescence des cellules, puisque la turgescence contrarie un peu la courbure héliotropique. On y arrive, soit en plongeant la plante dans une faible solution de sel, soit en la laissant un peu se flétrir, soit en l'exposant pendant quelque temps à la lumière. Or tout cela revient à dire qu'un germe étiolé de n'importe quelle façon, et ayant poussé à l'ombre, montre une plus grande sensibilité héliotropique quand on l'expose à la lumière.

On est donc autorisé à conclure de tous ces phénomènes d'intermittence lumineuse, qu'il n'y a rien de moins fondé que le rapprochement, qui semble d'abord si naturel, entre l'action que les contrastes lumineux exercent sur le système nerveux des animaux et celle qu'ils produisent sur les plantes, puisque cette dernière trouve ailleurs une explication plus simple et plus facile.

CHAPITRE IV.

GÉOTROPISME.

Si l'on place une tige dans l'obscurité en lui donnant une position horizontale, elle tend à reprendre la direction verticale en redressant son extrémité supérieure, et l'incurvation se produit dans la zone de la plus forte croissance. Au contraire, si, tout en maintenant cette tige dans la position horizontale, on la retourne à de courts intervalles, de façon que ce ne soit pas toujours le même côté qui regarde le sol, ou bien si on la fait tourner par un mouvement continu autour de son propre axe, ou encore si on lui imprime un mouvement de rotation autour d'un axe étranger, de telle sorte que la cime de la tige décrive un cercle dans un même plan vertical, il ne se produit point de redressement. Cette propriété des plantes a reçu le nom de géotropisme, et l'expérience qui précède montre que le géotropisme agit dans le sens de la pesanteur.

Les racines se comportent exactement de même que la tige, mais en sens inverse : elles se courbent vers le sol.

L'illustre physiologiste anglais Knight a montré dès le commen-

Digitized by Google

cement de ce siècle que le géotropisme ne pouvait être qu'un effet de la gravitation universelle. Si l'on place des plantes sur une roue horizontale que l'on fait tourner pour engendrer la force centrifuge, on remarquera que les tiges et les racines, si elles sont libres dans leurs mouvements, prennent une direction intermédiaire entre la pesanteur et la force centrifuge ; qu'elles suivent, en un mot, la résultante de l'une et de l'autre force.

Ce qui le montre encore mieux, c'est que la tige se dirige constamment vers le centre de la roue et la racine vers la périphérie. Or, si l'on soumet à la force centrifuge deux liquides de densité différente, le plus lourd est toujours entraîné le plus loin du centre. Il n'est donc plus permis de douter que la direction des tiges et des racines ne soit gouvernée par la gravitation.

De quelle manière la gravitation agit-elle sur les végétaux ? Cela est encore un mystère. Nous savons seulement que dans les tiges couchées horizontalement la face inférieure s'accroît plus vite, tandis que l'inverse a lieu dans les racines. C'est cette différence d'accroissement qui a pour résultat l'incurvation de l'organe.

Mes expériences personnelles m'ont démontré que l'incurvation géotropique ne pouvait être attribuée à une tension passive, comme en produirait la simple turgescence, et qu'il faut absolument faire intervenir la croissance. Aussitôt qu'un organe ne trouve plus d'oxygène pour se développer, ou que la température est trop basse ou trop élevée, le géotropisme disparaît en même temps que la croissance.

Géotropisme positif et négatif.—Le mot de géotropisme a été introduit par M. Frank [1], qui a fait adopter également les termes de géotropisme négatif pour la courbure des tiges vers le haut, et de géotropisme positif pour la courbure des racines vers le sol. Darwin appelle ce dernier géotropisme et l'autre apogéotropisme. M. Frank en reconnaît encore une troisième espèce,

[1] *Beiträge zur Pflanzenphysiologie.* Leipzig, 1868.

Digitized by Google

qui fait prendre à certains organes une direction perpendiculaire à celle de la pesanteur, c'est-à-dire horizontale. Darwin l'adopte également et la désigne sous le nom de diagéotropisme. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

Pesanteur et croissance. — La courbure héliotropique, comme nous l'avons déjà vu, s'explique le plus naturellement du monde par la différence d'éclairement, et en conséquence par la différence d'accroissement qui se produit entre la face obscure et la face éclairée d'un organe. Il n'en est pas de même pour la courbure géotropique, où la pesanteur agit uniformément sur l'une et l'autre face. Comment donc expliquer cette incurvation ?

Il y a d'abord à se demander si la courbure géotropique se produit parce que la croissance de la face convexe est accélerée, ou bien parce que celle de la face concave est ralentie.

Cette question a été examinée tout récemment par MM. Elfving[1] et Schwarz[2], qui ont constaté que des plantes qu'on faisait tourner lentement autour d'un axe horizontal ne poussaient ni plus ni moins vite qu'en restant immobiles. Seulement, par une interprétation erronée, ils ont conclu « que la pesanteur n'exerçait aucune influence sur la force végétative d'un organe géotropique».

Il faut raisonner autrement. Dans une tige placée horizontalement, la face inférieure pousse plus vite que la supérieure : là-dessus, pas le moindre doute. Or, si je fais mouvoir cette tige autour de son axe, la face inférieure devient tour à tour la face supérieure. Si dans la première position sa croissance a été accélérée, dans la seconde elle est ralentie. Si je trouve donc en fin de compte que cette face, comme tout l'ensemble de l'organe, ne s'est accrue ni plus ni moins vite que dans la position normale, je dois conclure, non que la pesanteur n'a eu aucune influence, mais qu'elle a ralenti la croissance de la face supé-

---

[1] *Act. Soc. scient. fenn.*, tom. XII, 1880.

[2] *Bot. Zeitung*, 1881, pag. 176 et suiv.

Digitized by Google

rieure exactement dans la même mesure qu'elle a accéléré celle de la face inférieure.

La différence entre l'héliotropisme et le géotropisme est donc celle-ci :

La face obscure, dans la courbure géotropique, croît aussi vite que l'organe tout entier quand il est soustrait à la lumière; au contraire, si l'organe est soustrait à la pesanteur, la face supérieure pousse plus lentement que la face supérieure.

Variations du géotropisme. — Le géotropisme offre les degrés d'intensité les plus variés. Les tiges et les racines maîtresses sont les plus fortement géotropiques, celles de deuxième évolution le sont déjà bien moins, et celles de troisième sont parfois tout à fait insensibles. Mais si l'on coupe la tige ou la racine maîtresse, les tiges ou racines secondaires héritent de leur puissance géotropique aussi bien que de leurs fonctions.

Pour se rendre compte de cette inégalité de force géotropique, il suffit de se rappeler que le géotropisme, comme l'héliotropisme, est proportionné à l'énergie végétative d'un organe. Or ce sont les tiges et les racines maîtresses qui, se trouvant dans des conditions de nutrition les plus favorables, possèdent aussi la plus grande force de croissance. Nous avons constaté nous-même, dans la première partie de ce travail, que la mutilation des tigelles, en ralentissant ou en suspendant la croissance, suspendait ou ralentissait au même degré les facultés héliotropiques et géotropiques. Nous aurons l'occasion de constater le même fait pour les racines. Seulement la force géotropique ne dépend pas uniquement de l'énergie végétative d'un organe ; elle est encore en rapport avec un degré d'inclinaison sur l'horizon. Il va de soi que la pesanteur aura d'autant plus d'action sur une tige qu'elle s'approchera davantage de l'horizontale, et M. Sachs a démontré que des tiges faiblement géotropiques devenaient incapables de se redresser dès que l'angle qu'elles formaient avec la verticale dépassait une certaine ouverture.

Digitized by Google

Action combinée de l'héliotropisme et du géotropisme. — Il est important de ne pas oublier que la plupart des organes aériens s'orientent sous l'influence combinée de l'héliotropisme et du géotropisme.

H. von Mohl [1] et Müller [2] ont fait l'importante observation que les tiges, obéissant à la fois à l'héliotropisme positif et au géotropisme négatif, prennent une position intermédiaire entre ces deux forces. Cette position varie avec la nature de l'organe. Les bourgeons foliaires se rapprochent davantage de la normale géotropique et les tigelles davantage de la normale héliotropique.

Sous l'influence de l'induction photomécanique, les choses se passent un peu différemment. Si l'organe, après avoir été exposé à la lumière latérale, est placé horizontalement dans l'obscurité, il continue à se courber uniquement dans le sens de l'héliotropisme induit. L'induction photomécanique rend en effet les plantes insensibles au géotropisme, comme nous l'avons constaté précédemment.

Il existe aussi une induction géotropique, et elle nous fait comprendre pourquoi il est si difficile de faire dévier les tiges maîtresses de la direction verticale, qui est la normale géotropique. D'autre part, l'héliotropisme annule parfois absolument les effets géotropiques, dans les organes exposés à leur optimum d'intensité lumineuse.

Ajoutons encore que les chaumes des Graminées conservent à chaque entre-nœud, même après leur période de croissance, une zone capable d'accroissement. Si quelque accident amène le chaume dans la position horizontale, la face inférieure de cette zone, s'accroissant plus vite que l'autre, le ramène vers la verticale et le redresse. Ce redressement se fait plus vite à la lumière que dans l'obscurité, ce qui fait supposer un effet combiné de l'héliotropisme positif et du géotropisme négatif.

La réaction d'un organe contre la pesanteur et contre la lu-

---

[1] *Arb. des bot. Instit. zu Würzbourg*, B. II, 1879, pag. 265.

[2] Flora, 1876, pag. 94.

Digitized by Google

mière varie selon son âge. Dans l'axe hypocotylé du Cresson, par exemple, la cime extrême est également insensible à l'héliotropisme et au géotropisme. La région sous-jacente, un peu plus âgée, est légèrement apogéotropique et fortement héliotropique. Cela fait comprendre pourquoi les tigelles de cette plante et de beaucoup d'autres se courbent vers la lumière en formant un arc de cercle. L'extrémité obéit directement à l'héliotropisme et entraîne la base ; mais celle-ci devient apogéotropique vers la fin de la croissance, et se relève vers la verticale en réagissant contre la pesée de la cime. Ces observations préliminaires sur le géotropisme étaient nécessaires avant d'aborder le fond du débat.

Théories de Darwin sur le géotropisme. — Les théories de Darwin sur le géotropisme peuvent se résumer dans les deux formules suivantes :

1° Le géotropisme, tant positif que négatif, n'est qu'une forme de la circumnutation.

2° Le géotropisme positif des racines a son siège dans l'extrémité radicellaire, qui, tout en étant elle-même insensible au géotropisme, le transmet sous forme d'irritation à la partie de la racine où se produit la courbure.

Voici maintenant les faits sur lesquels Darwin a fondé ses théories.

Ciesielski[1] a observé qu'une racine dont on coupe l'extrémité ne redevient géotropique qu'après avoir reconstitué son extrémité, et que des racines amputées ainsi, après avoir séjourné préalablement dans la position horizontale, se courbent néanmoins dans le sens du géotropisme positif. M. Sachs admet le premier de ces deux faits et nie le second. Darwin, ayant répété de mille manières les expériences de Ciesielski, reconnaît qu'elles ne réussissent pas toujours, parce que l'amputation a besoin d'être faite avec les plus grandes précautions pour ne pas déchirer les tissus voisins, mais qu'en définitive l'assertion de Cie-

[1] *Beiträge z. Biologie der Pflanzen*, publiés par Cohn, H. II, pag. 21.

Digitized by Google

selski est exacte. Seulement, au lieu d'expliquer comme lui le phénomène par l'induction géotropique, il y voit un effet d'irritation transmise de la pointe radicellaire à la région où s'opère la plus forte croissance. De nouvelles expériences le confirmèrent dans cette opinion.

Seize vigoureux plants de haricots, dont la radicelle s'était développée dans un plan rigoureusement vertical, furent couchés par lui horizontalement pendant 1 h. 37 m. Le sommet de la racine fut ensuite amputé transversalement sur une longueur de 1,5 millim., et les plants remis dans la position verticale. Dans l'espace de 6 à 9 h., douze racines se courbèrent géotropiquement par rapport à leur position horizontale antérieure. Les quatre autres ne manifestèrent aucun géotropisme et continuèrent à s'allonger dans le sens vertical. Lorsqu'on laissait les plants séjourner moins longtemps dans la position horizontale, avant de faire la résection de la pointe, la courbure géotropique se produisait de même, mais d'une façon moins prononcée.

Dans une seconde série d'expériences, des plants de *Vicia Faba* furent fixés de manière que la radicule se trouvât exactement horizontale. Les uns furent laissés intacts et les autres cautérisés à leur extrémité radicellaire avec de la pierre infernale. Les racines des premières se courbèrent suivant la verticale, celles des autres restèrent immobiles. Ce n'est qu'après un intervalle assez long, quand la pointe se fut reconstituée, qu'elles se courbèrent à leur tour vers le sol.

Darwin interprète ces faits de la manière suivante : 1° La racine n'est sensible au géotropisme que si elle reste intacte ; 2° Si la pointe est amputée, la racine continue à croître, mais se montre insensible au géotropisme. La pointe radicellaire est donc le siège de la sensibilité géotropique, qui se propage de là comme une irritation nerveuse vers la région où se produit la courbure.

Je vais à mon tour rapporter une série d'expériences personnelles qui renverseront, je l'espère, les théories séduisantes du savant anglais.

Je crois devoir avertir d'abord que j'opérais de deux manières,

Digitized by Google

Ou bien je plaçais les embryons tout simplement dans des endroits humides, ou bien je les mettais dans de la sciure de bois mouillée. Les deux procédés donnaient le même résultat. Mes expériences ont porté sur : *Vicia Faba*, *Phaseolus multiflorus*, *Maïs*, *Pois*.

Les cotylédons furent fixés à des épingles, de telle façon que la courbure de nutation spontanée se produisît dans un même plan horizontal. De cette manière, on évitait la confusion entre celle-ci et la vraie courbure géotropique.

Dans les tableaux suivants, L marque la longueur primitive des racines ; T 24—48 l'accroissement obtenu en vingt-quatre ou quarante-huit heures. L'amputation des racines se faisait à 1 millim. du sommet et emportait la zone de croissance, qui se trouve toujours à moins de 0,5 millim. de l'extrémité.

Embryons de Maïs. — Sujets intacts.

L	T 24	T 48
a 19 millim.	80 %	246 %
b 24	71	169
c 26	86	271
d 32	77	199
Moyenne...	77,5 %	221 %

Sujets amputés.

a' 17 millim.	58 %	99 %
b' 25	69	103
c' 27	3	5
d' 28	34	34

On voit que les sujets amputés croissaient moins vite que les sujets intacts, contrairement à ce que dit M. Sachs. Les sujets amputés *a' b'*, qui conservaient encore une force de croissance relativement grande, se courbèrent géotropiquement, sans que leur extrémité mutilée se fût reconstituée. Les deux autres *c' d'* restèrent inertes.

Digitized by Google

Embryons de Pois. — Sujets intacts.

L	T 24	T 48
a 23 millim.	80 %	110
b 25	46	132
c 29	37	122
d 29,5	49	146
Moyenne...	42,7	127

Sujets amputés.

a' 20 millim.	5 %	14 %
b' 26,5	11	13,2
c' 28,5	14	12,2
d' 30	9	14,8
Moyenne...	9,7	13,5

Les sujets *a b c d* se courbèrent géotropiquement ; les autres demeurèrent inertes.

Mais je crains de fatiguer en transcrivant toutes les expériences que j'ai faites, et qui toutes furent on ne peut plus concordantes. Je me bornerai à indiquer les conclusions que je me crois autorisé à en tirer.

1° Les racines décapitées s'accroissent moins que les racines restées intactes.

2° Des racines, même amputées, sont susceptibles de géotropisme si la mutilation n'a pas complètement supprimé la croissance.

3° Le géotropisme ne se propage pas de la pointe radicellaire vers la région où se produit la courbure ; celle-ci est directement soumise à l'action de la pesanteur.

4° Des racines décapitées, après avoir séjourné préalablement dans la position horizontale, se courbent plus vite vers le sol que si on les avait décapitées dans une position verticale et couchées horizontalement seulement après leur mutilation. C'est là un effet d'induction géotropique, et cette induction n'a rien de commun avec l'irritation darwinienne.

Je ne puis m'empêcher, en terminant ce chapitre, de relever

Digitized by Google

une contradiction singulière dans le livre de Darwin. Pourquoi, par exemple, ne regarde-t-il pas aussi le géotropisme négatif comme un phénomène d'irritation. Il pourrait invoquer absolument les mêmes arguments pour la tige que pour la racine. La mutilation produit les mêmes effets dans l'une et dans l'autre, et comme les expériences sont plus faciles à faire avec les tiges, on ne comprend pas que Darwin les ait négligées.

Diahéliotropisme.— La propriété qu'ont les feuilles de se placer suivant un plan perpendiculaire au plan d'incidence des rayons lumineux, est considérée par Darwin comme étrangère à l'héliotropisme ordinaire aussi bien qu'au géotropisme. Il y voit un phénomène spécial produit par une force particulière, aussi bien que MM. Frank et Sachs, et on a créé pour lui le terme nouveau de diahéliotropisme.

Avant d'aborder cette question, j'ai voulu me rendre compte de la position exacte que les organes foliaires prenaient par rapport à la lumière. Ayant appliqué de légères bandes de papier Talbot sur des feuilles diversement orientées, je reconnus que chacune avait la position dans laquelle le papier noircissait le plus vite. Je pus constater ainsi que les feuilles ne s'orientaient pas vers les rayons lumineux directs les plus intenses, comme on le croit généralement, mais vers la plus forte lumière diffuse. J'en ai vu beaucoup qui restaient exposés pendant une ou deux heures aux rayons directs du soleil sans être influencées par eux ni modifier leur orientation.

Il arrive aussi que certaines espèces de feuilles coupent la lumière autrement qu'à angle droit. Celles-là se distinguent par leur épiderme inférieur organisé pour amortir les rayons lumineux. Telles sont les feuilles tomenteuses du *Sorbus Aria*, qui sont toujours dressées. La face inférieure de celles du *Populus alba* est également protégée par un feutrage de poils ; celles du *Populus nigra*, au contraire, n'ont point de poils protecteurs à la face inférieure, parce qu'elles n'exposent jamais leur face supérieure aux rayons du soleil. L'*Evonymus europæus* place ses feuilles

Digitized by Google

dans l'inclinaison chimiquement la plus favorable, mais les rejets de cet arbuste ne se comportent pas de même. Comme leurs feuilles sont épaisses et riches en parenchyme, elles se placent presque verticalement, comme celles du *Sorbus Aria*.

L'exemple de l'*Evonymus* permet de constater l'intervention du géotropisme. On se rappelle en effet que les feuilles sont très sensibles au géotropisme négatif pendant toute la période de leur croissance. Or, comme les rejets de l'*Evonymus* ont une énergie végétative plus grande, le géotropisme négatif y est plus fort et ne peut pas être contrebalancé par l'héliotropisme, comme dans les feuilles normales.

Je crois que les feuilles prennent leur orientation définitive avant la fin de leur période de croissance. Le *Cornus mas* est déjà fixé avant d'atteindre le tiers de son développement. Mais avant de s'immobiliser, les feuilles exécutent des mouvements assez variés. Ainsi, pendant la nuit ou dans l'obscurité, elles se redressent sous l'influence du géotropisme négatif.

Darwin, en constatant ce fait, a eu le tort de l'expliquer par certains effets d'hérédité, alors que le géotropisme en rend si facilement compte.

Voici l'expérience qu'il a faite et que j'ai répétée après lui, en la corrigeant un peu pour éliminer des causes d'erreurs négligées par lui.

On place des tiges de *Vicia Faba* sur un clinostat à plan de rotation vertical, de manière que les tiges soient parallèles au plan d'incidence de la lumière. Les feuilles, se trouvant ainsi éclairées par leur face supérieure, se comportent comme le dit Darwin. Pendant la nuit, elles se rapprochent un peu de leur axe, et au retour du jour elles s'en éloignent, pour prendre une inclinaison perpendiculaire aux rayons incidents.

Ces mouvements sont évidemment étrangers au géotropisme, puisque le clinostat supprime les effets de ce dernier. Mais ils sont produits simplement par l'hyponastie propre aux feuilles du *Vicia Faba*, dont la face inférieure, se développant plus vite que la face supérieure, produit ce mouvement vers l'axe.

Digitized by Google

D'autre part, puisqu'au retour de la lumière les feuilles s'éloignent de nouveau de l'axe, c'est qu'elles deviennent négativement héliotropiques. Or ce sont justement ces deux effets : hyponastie d'une part et héliotropisme négatif de l'autre, qui vont nous livrer tout le secret du prétendu diahéliotropisme de Darwin. En effet, les jeunes feuilles commencent par être hyponastiques, comme le montre l'espèce de voûte qu'elles forment au-dessus du bourgeon. Mais cet état n'est que transitoire, sauf de rares exceptions (*Allium ursinum* ; Perce-neige). Bientôt elles deviennent épinastiques, et leur pointe tend à se rejeter en arrière et à s'éloigner de l'axe. Or, comme la pesanteur vient en aide à l'épinastie, il arrive que certaines feuilles de consistance molle restent éloignées de l'axe même pendant la nuit. Toutefois en général elles possèdent un géotropisme négatif très énergique, qui dans l'obscurité triomphe de l'épinastie et de la pesanteur et rapproche l'organe de la verticale.

Mais au retour de la lumière, les feuilles tendront à se mettre en angle droit avec elle. Or ce mouvement n'est autre chose qu'un effet d'héliotropisme négatif, puisqu'il nous montre simplement un organe, en voie d'accroissement, se développant plus fort à la face éclairée qu'à la face obscure.

Ce qui le prouve encore plus clairement c'est que, pour produire cet accroissement inégal, la lumière a besoin d'être très-vive, absolument comme pour l'héliotropisme négatif. La couleur de la lumière n'est pas non plus indifférente : les rayons les plus favorables sont ceux compris entre le violet et le bleu ; les rayons verts et rouges ont peu d'effet, et les rayons jaunes n'en ont aucun. Or toutes ces conditions sont les mêmes que dans l'héliotropisme négatif, et telles que nous les avons constatées dans la première partie de ce travail.

Il arrive bien, dans quelques cas exceptionnels, que la lumière faible développe de l'héliotropisme positif ; mais cela est de si peu d'importance pour notre question que je ne m'y arrêterais même pas s'il ne s'agissait pas d'expliquer à ce propos une apparente contradiction.

Digitized by Google

Il semble d'abord impossible qu'une même feuille manifeste en même temps de l'héliotropisme négatif et positif. Rien de plus vrai pourtant. Rappelons-nous ce que nous avons dit de certaines Campanules poussant à la lisière des bois, orientant leurs feuilles à la fois vers la lumière latérale et vers celle du zénith.

Sous cette double influence, les feuilles sont toutes ramenées en avant, au point que la face postérieure de la tige semble à première vue complétement nue. Or c'est l'héliotropisme positif qui attire ces feuilles vers la face antérieure de la tige, pour les rapprocher de la lumière, tandis que, dans le même temps, l'héliotropisme négatif les étale horizontalement, c'est-à-dire perpendiculairement au plan d'incidence des rayons du zénith. Les jeunes pousses de sapin se comportent exactement de même.

D'autre part, nous savons que la lumière faible développe l'héliotropisme positif et la lumière intense l'héliotropisme négatif. L'âge produit de son côté les mêmes phénomènes dans les feuilles que dans la tige. Au début de la croissance, pendant que l'organe est riche en parenchyme, c'est l'héliotropisme positif qui domine ; vers la fin, quand les faisceaux vasculaires se développent, c'est l'héliotropisme négatif qui l'emporte. Cette alternance est même plus manifeste que dans les tiges. Quant au poids de la feuille, rappelons-nous qu'il n'agit pas seulement en tant que fardeau, mais qu'il opère aussi le double effet de traction et de pression, qui provoque une croissance inégale aux deux faces de l'organe.

Tous ces faits se trouvant ainsi remémorés, nous allons, pour les résumer, suivre le développement d'une feuille et nous rendre compte de l'ensemble de ses mouvements.

Au début l'hyponastie, faisant croître plus fort la face inférieure, replie la feuille en forme de voûte au-dessus du jeune bourgeon. Bientôt apparaît la période épinastique, et, la face supérieure se développant plus vite, la feuille se rabat en dehors. Seulement ce mouvement, qui l'entraînerait trop loin et le mettrait dans une position défavorable par rapport à la lumière, est corrigé par

Digitized by Google

l'effet de la gravitation, et le géotropisme négatif soutient l'organe. Comme ces deux forces se contrebalancent, la feuille prend une position intermédiaire jusqu'à ce que l'intervention de la lumière développe l'héliotropisme, qui prévaut bientôt sur toutes les autres influences et donne à l'organe son orientation définitive. L'ensemble de tous ces mouvements a placé la feuille dans une position perpendiculaire aux rayons lumineux, position que Darwin appelle diahéliotropisme.

Le diahéliotropisme n'est donc pas un phénomène spécial : il ne résulte pas d'une force nouvelle et mystérieuse ; il n'est que l'effet combiné de plusieurs influences parfaitement connues. Ainsi, tout le secret du diahéliotropisme se trouve divulgué et se résume dans la réaction de diverses forces, principalement du géotropisme négatif et de l'héliotropisme négatif.

Quant au diagéotropisme, qui selon Darwin place les feuilles dans un plan perpendiculaire à celui de la pesanteur, les exemples qu'il allègue sont trop rares et trop contestables pour que nous nous y arrêtions.

L'hydrotopisme ne me paraît pas encore bien éclairci non plus. Toutefois les expériences que j'ai faites pour contrôler celles du savant anglais m'ont permis de constater qu'il ne se transmet pas de la pointe radiculaire vers la zone d'incurvation, mais qu'il agit directement sur cette dernière.

Sensibilité des racines.—Nous passons maintenant à un point essentiel de ce débat, et il faut l'étudier avec d'autant plus de soin qu'il sert de base à l'ensemble des théories émises par Darwin sur la circumnutation.

Darwin a observé qu'une pression exercée latéralement sur la pointe radiculaire provoque dans la zone de croissance, c'est-à-dire à un point éloigné de celui où la pression s'exerce, une courbure en sens inverse de la pression. Le savant physiologiste explique ce singulier phénomène par un effet d'irritation transmis de la pointe de l'organe à la région subjacente.

Voici une de ses expériences. Des embryons de *Vicia Faba*

Digitized by Google

furent placés par lui de telle sorte que la radicule formât un angle très ouvert et même droit, avec une lame de verre placée au-dessous. La radicule, en s'allongeant, approchait du verre; on remarquait que, même avant de subir la moindre pression contre l'obstacle, elle se détournait et glissait le long de la lame, grâce à une courbure qui se produisait à l'arrière de la pointe radicellaire, dans la zone de croissance.

Ce phénomène paraît des plus extraordinaires, et, même en admettant que la pointe subît une légère pression, il resterait encore inexplicable, puisqu'une telle pression serait incapable de produire une courbure de 8 à 10 millim. en arrière du point de contact. Il n'y a, suivant Darwin, qu'un effet d'irritation qui puisse en donner une explication satisfaisante.

Pour éclaircir moi-même ces singularités, j'ai fait une série d'expériences dont je dois rendre compte.

De petits morceaux de carton ou de papier-sable de 0,5 millim. de côté furent collés avec de la gomme laque à l'extrémité de la radicule de *Vicia Faba*, et nous pûmes constater effectivement qu'il se produisait toujours une courbure qui portait la racine du côté opposé à celui où le carton se trouvait fixé. Seulement, comme la radicule du *Vicia Faba* possède des mouvements de nutation spontanée, comme par exemple ce que Darwin appelle la courbure de Sachs, il faut, pour éviter toute confusion, prendre soin de placer la radicule bien en face de soi et coller le carton, soit à droite, soit à gauche.

Je répétai cette expérience avec le *Phaseolus multiflorus*, le Maïs, le Pois, et j'obtins toujours le même résultat. Or il ne peut être question d'aucune pression, puisque le carton pesait à peine quelques milligrammes et que des pressions bien plus fortes ne font pas dévier les radicules. Ainsi, on les voit pénétrer perpendiculairement dans une nappe de mercure, perforer du papier brouillard, ce qui ne s'explique que par une pression directe de la radicule sur l'obstacle qu'elle rencontre.

Je fus même curieux de mesurer la force de cette pression, et

Digitized by Google

je fis construire le petit appareil suivant. Un ressort en arc, muni d'un prolongement horizontal, supporte une petite capsule de métal garnie au fond d'une mince lame de verre. La capsule porte une aiguille qui joue le long d'une tige de fer à divisions millimétriques ; ces dernières indiquent le poids exact que supporte cette espèce de balance.

L'appareil installé, je piquai sur une épingle un embryon de *Vicia Faba* dont la radicule, au début de l'expérience, se trouvait à 1 millimètre au-dessus du fond de la capsule. Les cotylédons étaient enveloppés d'un manchon de ouate humide et le tout tenu à l'obscurité à une température favorable.

Dans les premières vingt-quatre heures, la pression de la racine équivalut à 0,95 gram. La courbure de Sachs produisit ensuite une déviation; la racine n'appuya plus que par une de ses faces et la pression descendit à 0,34 grammes.

Dans une seconde expérience où la lame de verre fut couverte d'une feuille de papier brouillard, la pression s'éleva à 1,4 gram. Je voulus savoir également si une racine posée horizontalement avait la force d'écarter un obstacle, et je plaçai devant des radicules de *Faba* des morceaux de liège secs de 0,75 gram., et du liège entouré de papier buvard humecté de 1^{gr},25. Les uns et les autres furent repoussés. Ces résultats me convainquirent que ce n'était pas le poids ou la pression du carton ni du papier-sable qui faisait courber la radicule dans l'expérience de Darwin.

Pour m'en assurer encore mieux, je remplaçai les morceaux de carton par de simples parcelles de bois et de sable qui adhéraient sans gomme. Alors je constatai avec surprise qu'il ne se produisait plus aucune courbure du tout.

Je dirigeai mes recherches dans ce nouveau sens, et je vis que la gomme laque toute seule, sans ajouter de papier, suffisait pour provoquer une courbure. L'endroit où l'on appliquait la petite goutte cessait aussitôt de croître, et il se produisait une légère convexité au côté diamétralement opposé qui continuait à se développer. Mais la région située en arrière et du

Digitized by Google

même côté que la goutte, poussait plus vite que le côté opposé, et la convexité produite de cette sorte rejetait la radicule en sens inverse.

Le microscope me permit de constater que le point touché par la gomme laque était mort : c'était sans doute un effet de l'alcool renfermé dans la préparation. Nous nous trouvions donc en présence du même phénomène que celui que produit la cautérisation ou la mutilation unilatérale de la pointe radiculaire, et nous pouvons résumer les résultats de ces expériences dans les conclusions suivantes.

La mutilation latérale de la pointe radiculaire arrête la croissance du point mutilé ; le point diamétralement opposé continuant à croître, il se produit en cet endroit une légère convexité. Cependant les cellules lésées meurent. Or nous savons qu'en arrière d'un point lésé il se produit presque toujours une abondante formation de cellules nouvelles. C'est ce qui arrive dans le cas actuel. Une énergie végétative plus considérable se manifeste dans les tissus situés en arrière de la lésion et du même côté. De là résulte une inégalité de croissance entre les deux faces de la radicule, et par suite une courbure qui porte l'extrémité dans une direction opposée à la lésion.

On voit que tout cela est bien naturel et qu'il est inutile de faire intervenir une irritation quelconque. Or, comme c'est là-dessus que s'est fondé Darwin pour comparer la pointe radiculaire au cerveau des animaux inférieurs, toute sa théorie s'écroule par la base. Néanmoins il ne faut pas oublier que le savant anglais a été le premier à constater ces phénomènes intéressants, et je propose en conséquence de les désigner sous son nom et de les appeler : courbure de Darwin.

CHAPITRE V.

CIRCUMNUTATION.

Nous voici arrivé enfin à ce que Darwin appelle circumnutation. Il faut entendre par là l'ensemble de tous les mouvements

Digitized by Google

que les plantes exécutent pendant toute la période de leur croissance et quelquefois encore après avoir atteint leur entier développement. Tous ces mouvements font décrire à la plante une sorte de spirale, et Darwin les rapporte à une force innée que possèdent tous les végétaux et qui réagirait contre les influences extérieures, telles que lumière, pesanteur, etc.

Deux questions doivent d'abord être résolues :

1° La circumnutation est-elle aussi généralement répandue que le croit Darwin ?

2° Toutes les nutations paratoniques et spontanées sont-elles des effets d'une force primordiale et innée aux plantes ?

Avant de les aborder, il est bon d'examiner si les expériences de Darwin offrent toutes les garanties d'exactitude nécessaires.

Des plants poussant dans des vases de terre sont abrités contre le jour et ne reçoivent que la lumière verticale ou horizontale, grâce à une large feuille de verre disposée horizontalement ou verticalement au-dessous ou en avant de la plante. A la partie de l'organe qu'on veut observer, un fil de verre long de 3/4 de pouce est fixé par une extrémité au moyen d'une solution alcoolique de gomme laque que l'on fait préalablement évaporer pour qu'elle durcisse en moins de deux ou trois secondes. A l'autre extrémité du fil est attachée une goutte presque imperceptible de cire noire. Au-dessous ou en arrière de cette goutte se trouve, au bout d'un bâton fiché dans la terre, un morceau de carton avec un point noir au centre. On observe à travers la paroi de verre, et, quand la goutte de cire se trouve juste en face du point noir, on marque un premier point sur la vitre avec une pointe très fine pourvue d'encre de chine bien épaisse. D'autres points sont marqués à de courts intervalles à mesure que la goutte de cire se déplace, puis les divers points sont reliés par des lignes droites qui en réalité devraient être courbes si l'on multipliait assez les observations. On obtient ainsi un dessin qui reproduit les mouvements de la plante et qui les amplifie jusqu'à trente fois.

Une première critique à faire, c'est que les mouvements ne sont pas représentés exactement par le dessin et que l'accroisse-

Digitized by Google

ment en ligne droite, par exemple, ne peut pas du tout être consigné ni figuré. Darwin trouve des courbes et des spirales là où il n'y a en réalité qu'un développement rectiligne.

Pour rémédier à cet inconvénient, j'ai fait mes observations, non à l'œil nu, mais avec un tube optique simple muni aux deux bouts de fils entrecroisés dont le point d'intersection correspondrait à l'axe du cylindre, et j'ai observé à la fois horizontalement et verticalement pour suivre en même temps la croissance en longueur et les déviations horizontales.

Abordons maintenant la première des deux questions que nous nous sommes posées. Est-il vrai que les extrémités de toutes les plantes ont des mouvements de circumnutation pendant leur période de croissance? Nous allons examiner successivement les racines, les tiges et les feuilles.

Darwin a fait à ce sujet l'expérience suivante : Il fait pousser des radicules d'*Æsculus Hippocastanum* le long d'une plaque de verre inclinée de 70—80° sur l'horizon et noircie à la flamme de térébenthine. La radicule, en poussant le long du verre, trace dans la couche de fumée une ligne ondulée, ou plutôt spiralée. Parfois la ligne est interrompue, ce qui prouve que la radicule s'est écartée du verre pour y revenir un peu plus loin dans sa marche descendante.

J'ai répété les expériences de Darwin, et en général j'en ai constaté l'exactitude. Néanmoins j'ai remarqué également que chaque fois que la couche de noir de fumée n'était pas trop épaisse, il ne se produisait pas d'interruptions dans la ligne. Cela me suggéra la pensée que la cause des interruptions se trouvait dans la suie même, et réellement je pus observer que la radicule, après avoir poussé devant elle et accumulé une petite quantité de suie, glissait par-dessus, ce qui produisait une interruption dans la ligne, puis venait de nouveau s'appliquer contre le verre. La suie m'avait tout l'air de produire sur la pointe radiculaire le même effet que la gomme laque ou la pierre infernale, et de la porter dans une direction opposée au point de contact.

Digitized by Google

Ces déviations de la racine, et par suite les interruptions du dessin, disparurent lorsque je modifiai mon mode d'expérimentation comme il suit :

J'établis une plaque de verre sous une inclinaison de 80° sur l'horizon. J'y collai avec de la cire des rondelles de liège où je piquai avec des épingles des embryons de *Vicia Faba*, de manière à ce que les radicules placées verticalement touchassent presque le verre. Celui-ci fut couvert d'une légère couche de Lycopode, et le tout placé dans de bonnes conditions d'obscurité, de température et d'humidité. Or les radicules poussèrent constamment en ligne droite, sans la moindre interruption dans le dessin. Je conclus de là que la circumnutation n'existe pas dans les racines, ou que, si elle existe, elle est réduite à de si minimes proportions qu'il est impossible de la constater à l'œil nu.

Je poursuivis alors mes observations à l'aide du microscope de Hartnack, qui me donnait un grossissement de 32 avec l'objectif n° 3 et l'oculaire n° 2. Voici comment j'opérai :

Je pris de petits tubes de verre dans lesquels j'introduisis des embryons maintenus au moyen de tampons de ouate humide, l'orifice inférieur des tubes étant également bouché avec de la ouate. Je fixai les tubes sur la table du microscope avec du mastic de Jolly, de manière que la radicule se présentât dans une direction exactement verticale en face du tube du microscope, celui-ci étant couché horizontalement. Les divisions micrométriques permettent l'orientation la plus rigoureuse. Le microscope se trouvait placé sur un bâti solide, de manière à éviter toute espèce de trépidation, et la lumière était naturellement exclue.

Voici le résultat de mes expériences.

Brassica oleracea. Longueur de la radicule : 15 millim. Direction : renversée et verticale. Au bout de trente-cinq minutes, l'extrémité dévia de 18 divisions micrométriques ($0^{mm},288$). Au bout de soixante-huit minutes elle revint à sa position primitive, puis dépassa la verticale et se recourba vers le sol. Cette double

Digitized by Google

oscillation se fit dans un même plan vertical et fut bien faible, puisqu'elle ne mesurait qu'un degré d'une circonférence qui aurait eu pour rayon la longueur de la radicule.

Deuxième expérience. Longueur de la radicule : 20 millim.; direction : naturellement verticale vers le sol, l'extrémité correspondant à 0 du micromètre.

Après 5 minutes..... Positions de l'extrémité.	5	1re oscillation (à droite)
10.....	10	
15.....	5	2e oscillation (à gauche)
20.....	5	
25.....	0	
30.....	0	
35.....	3	
40.....	5	3e oscillation (à droite)
50.....	5	
55.....	10	
60.....	10	
65.....	10	
70.....	10	
75.....	10	
80.....	13	
85.....	13	
90.....	10	4e oscillation (à gauche)
95.....	10	
100.....	5	
105.....	5	
110.....	5	

A partir de ce moment, la racine poussa dans une direction rigoureusement verticale pendant deux heures. L'amplitude des oscillations avait atteint $0^{mm},25$.

Dans son développement ultérieur, la radicule accuse nettement la courbure de Sachs. Il est donc à supposer que le mouvement de va-et-vient est produit dans un sens par la nutation spontanée et dans un sens inverse par le géotropisme; ce dernier ramène l'extrémité dans la verticale. C'est tantôt la nutation, tantôt le géotropisme qui la fait dévier, et dans les moments

Digitized by Google

où ces deux forces se font équilibre, la racine pousse en ligne droite.

Toutes les expériences que je fis me donnèrent des résultats analogues. J'en profitai pour savoir dans quel endroit précis se trouvait le siège des mouvements. Dans ce but, j'enveloppai les radicules de ouate humide sur une longueur plus ou moins grande, et je constatai que l'on pouvait envelopper la moitié de la longueur, soit 10 millim. sur 20, sans arrêter les mouvements; mais que si l'on ne laissait libre que 2-4 millim. de l'extremité, les mouvements ne se produisaient plus. Je m'assurai ainsi que le siège des oscillations était dans la zone de croissance. Il ne s'agit pas ici de la petite courbure qui se produit tout à l'extrémité de la radicule et qui n'a rien de commun avec la circumnutation, admise par Darwin.

Je voulus aussi contrôler une autre assertion de Darwin, qui prétend que la circumnutation servait aux racines à trouver les passages les plus commodes pour pénétrer dans le sol. Il doit donc admettre qu'elle s'accomplit avec une certaine force. Or il n'en est rien. Il suffisait en effet d'interposer une couche insignifiante et peu dense de ouate humide entre la radicule et la paroi du tube pour arrêter tous les mouvements. La circumnutation étant capable de vaincre une si faible résistance ne peut donc être d'aucune utilité à la plante.

En résumé, il résulte de mes observations :

1° Que les racines poussent très souvent en ligne absolument droite;

2° Que si elles font des mouvements, ceux-ci sont tellement faibles qu'ils ne peuvent intéresser en rien le développement de la plante ;

3° Ces mouvements s'expliquent parfaitement par la réaction de la nutation spontanée et du géotropisme, auxquels il convient d'ajouter d'autres causes de déviation, telles que la différence de structure des tissus, etc.;

4° C'est dans la région de croissance que se trouve le siège de la prétendue circumnutation.

Digitized by Google

Si l'on étudie la circumnutation dans les tiges, il faut distinguer tout d'abord les tiges orthotropes des tiges à nutation ondulée. Les premières ne décrivent que des oscillations horizontales et absolument irrégulières, tandis que les secondes manifestent un système plus ou moins facilement reconnaissable.

Les tigelles de *Hartwegia comosa*, *Allium Cepa*, *A. Porrum*, qui sont orthotropes, oscillent à peine de quelques centièmes de millimètre, et très irrégulièrement. Le Maïs se comporte de même ; l'*Impatiens Balsamina* exécute des oscillations lentes et insignifiantes. Le *Peperomia thrichocarpa* suit un mouvement d'ascension tout à fait fait rectiligne.

Les tiges qui sont douées de nutation ondulée se comportent différemment. Pour les observer, on marque un point de la tigelle avec l'encre de chine, ou mieux avec l'encre ordinaire, qui sous le microscope se décompose en un pointillé très-fin, tandis que l'encre de chine donne une teinte uniforme. On voit ce point se mouvoir d'abord d'avant en arrière dans le plan de la courbure de Sachs, et ce mouvement, après avoir atteint peu à peu une vitesse maximum, se ralentit de nouveau. Quand la portion de la tige, qui avait d'abord la position horizontale, s'est peu à peu relevée jusqu'au point d'atteindre la verticale, le mouvement se poursuit encore un peu au-delà. Mais cet excédant est si peu de chose qu'il n'influe presque en rien sur les ondulations du sommet de la tige.

Pour donner une idée de la rapidité de ces mouvements, il suffit de jeter les yeux sur le tableau suivant. Le point marqué à l'encre marchait de gauche à droite devant le micromètre du microscope.

Brassica oleracea.

				Millimètres.
De 10h.	—min.	à 10h.	15min.	0.115
10	15	10	30	0.157
10	30	10	45	0.208
10	45	11	—	0.307
11	—	11	15	0.198

Je fis d'autres expériences avec le *Vicia Faba*, en suivant la

Digitized by Google

méthode de Darwin ; seulement je remplaçai le fil de verre par une soie de porc de 3 centimètres. Je remarquai fort bien des déviations horizontales, mais je constatai aussi qu'au bout de six heures d'oscillation la tige suivit pendant vingt-quatre heures un mouvement ascensionnel absolument rectiligne.

L'*Helianthus annuus* manifeste des mouvements plus irréguliers, compliquant les oscillations du plan de nutation avec d'autres mouvements obliques ou perpendiculaires.

Le *Phaseolus multiflorus* montre encore plus d'irrégularité. Il est à peine besoin d'ajouter que toutes mes expériences se faisaient à l'obscurité, avec des tiges placées verticalement, pour exclure toute espèce de géotropisme ou d'héliotropisme.

J'ai observé ainsi une foule de plantes, telles que *Abies excelsa*, *Brassica oleracea*, *Impatiens Balsamina*, *Bellis perennis*, *Plantago lanceolata*, *Goldfussia anisophylla*, cette dernière pour joindre encore l'épinastie et l'hyponastie à tous les autres mouvements.

Or voici les conclusions que je me crois autorisé à en tirer:

1° Il y a un grand nombre de tiges qui poussent en ligne droite, orthotropes; toutefois ce développement rectiligne ne se fait pas avec une précision mathématique. Il comporte certaines oscillations, d'ailleurs si insignifiantes qu'elles se mesurent par centièmes de millimètre. Si c'est là ce qu'on entend par mouvements de circumnutation, ils s'expliquent plus que suffisamment par la différence de forme et de constitution des tissus en voie d'accroissement.

2° Dans les tiges à nutation ondulée, le mouvement d'ascension est accompagné de plusieurs autres.

Dans l'obscurité, ces mouvements se produisent, soit dans un plan vertical (celui de la nutation) et d'un côté seulement de l'axe ou de chaque côté alternativement, soit en sortant parfois du plan vertical. On constate une transition insensible entre la nutation ondulée proprement dite et la nutation révolutive. On observe aussi parfois des mouvements en avant et en arrière qui font reconnaître la nutation en ligne brisée.

3° Si l'on fait intervenir l'héliotropisme et le géotropisme, on

Digitized by Google

voit s'établir une sorte de lutte entre ces diverses forces, qui se combattent et produisent les mouvements les plus variés ; mais si l'on fait agir toutes ces forces dans un même plan, les mouvements ne s'écartent plus de ce plan.

Cherchons à nous rendre compte des phénomènes de circumnutation dans les feuilles.

Les expériences faites avec les feuilles semblent donner pleinement raison au fondateur de la théorie de la circumnutation. Elles produisent des diagrammes d'une complication extrême et en tout semblables à ceux que publie Darwin.

Mais cette variété de mouvement n'a pas lieu de surprendre quand on songe à la variété des influences auxquelles les feuilles sont soumises.

Elles obéissent au géotropisme, à l'héliotropisme, à l'épinastie, à l'hyponastie; en un mot, à toutes sortes de nutations spontanées et paratoniques, Or, il suffit d'analyser les effets de chacune de ces influences pour se rendre complètement compte de tous les mouvements des organes foliaires, si capricieux qu'ils semblent être, sans avoir besoin de faire intervenir cette force nouvelle et mystérieuse que le savant anglais appelle circumnutation.

Je ne veux schématiser aucune de mes expériences, pour deux raisons : la première, c'est qu'on les comprend parfaitement sans le secours d'*aucun* dessin; la seconde, c'est que jamais deux feuilles de la même plante ne se comportent de la même manière et qu'on ne peut pas conclure de l'une à l'autre. Je donnerai simplement le résultat de mes expériences.

1° Un grand nombre de feuilles poussent en ligne droite (*Dracæna*, *Maïs*, *Fuchsia* ; etc.);

2° Certaines feuilles décrivent de légères oscillations, pareilles à celles de la tige, qui s'expliquant de même par l'asymétrie des tissus ;

3° Le mouvement principal de la feuille se produit dans un plan vertical passant par la nervure médiane. Si la feuille a une position oblique, il se produit des écarts plus ou moins grands,

Digitized by Google

et ces déviations deviennent encore plus considérables quand la lumière se croise avec la verticale et la nervure médiane.

Darwin regarde la circumnutation comme une force universelle, une faculté commune à tous les végétaux. Il l'étend aux cryptogames comme aux phanérogames, et cite l'exemple des Oscillaires dans la section des Thallophytes, et celui des *Spirogyra*, dont les mouvements ont été décrits par Hofmeister en 1874.

J'ai fait des expériences sur deux espèces dont l'héliotropisme avait été depuis longtemps constaté. Elles appartiennent aux genres *Mucor* et *Pilolobus*.

J'ai cultivé du *Mucor racemosus* sur du pain bis. Les filaments sporangifères se trouvaient placés verticalement. Les sporanges mûrs avaient un diamètre de $0^{mm},08$. Il ne se produisit pas le moindre mouvement de circumnutation sous le microscope ; seulement il fallait prendre la précaution de recouvrir la plante d'un verre de montre, car à l'air libre les pédicelles sont dans un état continuel de trépidation produit par les courants d'air ou la respiration de l'observateur.

Je recommande tout particulièrement, pour ces expériences, le *Pilolobus crystallinus*, qui se développe sur le fumier de cheval et que l'on voit croître très vite sous le microscope même. Il ne manifeste pas plus de circumnutation que le *Mucor racemosus*.

CONCLUSION.

Il est temps de résumer l'ensemble du débat et de rappeler en quelques mots les conclusions auxquelles nos expériences nous ont amené.

Darwin prétend qu'il existe dans le règne végétal une force primordiale qui est la cause de tous les mouvements, tant spontanés que paratoniques, que les plantes accomplissent.

A cela nous répondons tout d'abord que cette force, quelle qu'elle soit, n'est pas universelle, puisque nous avons pu constater que beaucoup de tiges, de racines et de feuilles poussaient

Digitized by Google

en ligne droite et restaient étrangères à la circumnutation.

En second lieu, l'observation attentive, au lieu de ramener tous les mouvements des plantes à une force unique, nous a fait voir partout des causes multiples combinant leurs effets et agissant ensemble sur un même organe. Il se produit des phénomènes complexes que nous avons pu analyser et décomposer en isolant les uns des autres les agents qui concourent à leur formation.

Nous n'avons constaté qu'un seul seul facteur commun : c'est la croissance. Les mouvements ne s'accomplissent qu'aussi longtemps que les organes sont en voie de développement, et en même temps que disparaît la croissance disparaît aussi la prétendue circumnutation, non moins que l'héliotropisme, le géotropisme et le reste. Or ce fait n'a même pas été aperçu par Darwin, qui n'a voulu voir partout qu'un simple effet de turgescence. Nos expériences sur l'héliotropisme ont au contraire mis ce point hors de doute.

Nous avons vu aussi qu'il n'y avait pas lieu d'admettre une force spéciale pour ce que Darwin appelle diahéliotropisme. Là comme ailleurs notre méthode analytique a pu décomposer les effets combinés des divers agents qui intervenaient dans ces sortes de phénomènes ; et après avoir assigné à chacun la part d'influence qui lui revenait, après avoir montré ce qu'il fallait attribuer à l'héliotropisme, ce qui provenait du géotropisme ou de la nutation spontanée, rien ne nous est plus demeuré inexpliqué.

Reste la théorie de l'irritation, par laquelle Darwin croit que l'influence de la lumière ou de la pesanteur se transmet, comme dans le système nerveux des animaux, d'un point à un autre, c'est-à-dire de l'extrémité de l'organe à la partie où l'effet mécanique doit se produire : nos expériences en ont également démontré l'erreur. Pour l'héliotropisme, nous espérons que les faits que nous avons produits n'ont pas laissé subsister le moindre doute à cet égard. Quant aux effets que la mutilation produit sur les racines, nous opposons à la théorie de l'irritation une

Digitized by Google

explication plus simple. La diminution de la force de croissance causée par toute mutilation diminue en même temps toutes les facultés de nutation spontanée ou paratonique ; or, comme l'énergie végétative conserve toute son activité dans les tissus voisins de la mutilation, il se produit des différences de développement qui provoquent des déviations et des courbures dont il est inutile de chercher une autre explication.

Ajoutons qu'il n'est pas exact que les plantes soient particulièrement sensibles aux contrastes lumineux ; une plante cultivée au demi-jour et à la lumière diffuse est plus sensible à l'héliotropisme que celles qui sont tenues à une obscurité complète. Ainsi tombe le dernier argument de Darwin, qui voyait dans cette sensibilité une analogie que manifestent également les animaux en présence des contrastes de lumière.

Tout nous engage donc à rester sur le terrain de l'observation expérimentale dans toute cette question des facultés motrices des plantes, et de nous mettre en garde contre les ingénieuses hypothèses qui, au lieu de donner une explication claire d'une série de faits fort naturels, voudraient nous faire voir partout des causes mystérieuses, inexplicables, et je dirai presque surnaturelles.

Digitized by Google

LES

PROCÉDÉS OPÉRATOIRES EN HISTOLOGIE VÉGÉTALE

Par M. L. OLIVIER, Docteur ès-Sciences.

(*Suite et fin* [1].)

VI. COLORATION.

1. — *Matières albuminoïdes.*

PROTOPLASMA. — On a cru pendant longtemps que « les réactions chimiques du protoplasma vivant sont essentiellement différentes de celles du protoplasma mort [2] ». En 1874, M. Sachs écrivait : « Des dissolutions de diverses matières colorantes, par exemple les solutions aqueuses des principes colorants des fleurs ou des fruits, ou l'extrait de cochenille dissous dans l'acide acétique faible, sont impuissants à colorer le protoplasma vivant. Mais si on le tue auparavant, ou si l'action prolongée du réactif lui-même lui fait perdre ses propriétés vitales, il absorbe alors la matière colorante et même en proportion plus grande que la dissolution ; sa coloration est en effet beaucoup plus intense que celle du réactif. Les dissolutions de l'iode dans l'eau, dans l'alcool, dans l'iodure de potassium, dans la glycérine, agissent de la même manière ; elles donnent toutes au protoplasma une coloration jaune ou brune, plus intense que la leur [3]. »

Ces idées ont été acceptées sans conteste jusqu'à ces dernières années ; on peut même dire qu'elles ont encore cours dans la science. Cependant un travail récent de M. Pfeffer [4] semble destiné à les modifier profondément. Étudiant les phénomènes osmotiques

[1] Voy. *Revue des Sciences naturelles*, 3e série, tom. I, fasc. IV.

[2] J. Sachs ; *Traité de Botanique*, traduction française de 1874, pag. 54. Paris, Savy, éditeur.

[3] J. Sachs ; *loc. cit.*

[4] *Pflanzenphysiologie*, I, pag. 31 et 50, 1881.

Digitized by Google

chez les végétaux inférieurs, et en particulier chez les Myxomycètes, ce savant a remarqué que la couche membraneuse du protoplasma est assez molle pendant la vie pour qu'un petit cristal, une bactérie, puisse s'y enfoncer et la traverser sans la trouer. Dans cet état, il suffit d'y pratiquer un orifice au moyen d'une aiguille pour voir toute la masse protoplasmique manifester immédiatement les colorations considérées comme exclusives au protoplasma mort. Or on sait, du moins pour un grand nombre de Thallophytes, qu'une piqûre ne tue pas le protoplasma. M. Pfeffer en conclut que celui-ci, vivant, est perméable à toutes les substances qui le colorent après la mort; mais que c'est la couche membraneuse qui, tant qu'elle est indemne, s'oppose à l'introduction de certaines de ces matières à l'intérieur du corps protoplasmique. Il appuie cette opinion sur ce fait, bien observé par lui, que la couche périphérique devient dure et cassante dès que le protoplasma cesse de vivre. Un rien suffit alors pour qu'elle se fende, et par suite laisse pénétrer le réactif colorant dans le protoplasma. Mais il n'en est plus ainsi, selon lui, lorsqu'avec des précautions infinies on parvient à tuer l'organisme sans fissurer la couche membraneuse. Dans ces conditions, les agents qui ne colorent pas le protoplasma vivant ne colorent pas non plus le protoplasma mort.

La possibilité démontrée de colorer le protoplasma central des Amibes, alors que les pseudopodes demeurent hyalins, semble contredire la théorie du botaniste allemand ; mais on doit remarquer que les pseudopodes des Amibes ont, comme les cils des Infusoires, la même nature que la couche membraneuse du protoplasma. Il semble donc que celle-ci se comporte, à l'égard des matières colorantes, comme avec les divers agents minéraux, admettant les uns et refusant aux autres le passage.

A la première catégorie appartiennent la cyanine ou bleu de quinoléine, l'éosine, la fuchsine, le brun d'aniline. A la seconde, la liqueur de campêche ou de safran, la solution d'extrait de cochenille dans l'acide acétique faible, la solution ammoniacale de carmin.

Digitized by Google

Voici la liste des principaux réactifs dont on se sert pour colorer le protoplasma.

Iode. — On sait que l'iode colore en jaune foncé les matières albuminoïdes. M. Poulsen[1] recommande de l'employer sous la forme suivante, pour colorer le protoplasma en brun clair et permettre d'apercevoir plus facilement les bactéries et les cils vibratiles des micro-organismes :

Iode bisublimé.....	0gr,05	15,25.
Iodure de potassium.....	0, 20	
Eau distillée.....	15	

On se sert aussi, dans le même but, de la solution d'iodedans l'eau ou l'alcool (teinture d'iode) à diverses doses, enfin dans la glycérine à laquelle on ajoute une petite quantié d'iodure de potassium.

Alcalis.— Traité par l'acide nitrique, puis par l'ammoniaque ou la potasse en solution dans l'eau, le protoplasma se colore en jaune; il prend la teinte violet foncé lorsque l'action de l'alcali a été précédée de celle du sulfate de cuivre en solution concentrée et d'un lavage à l'eau. On juge mieux de la coloration en introduisant l'alcali en courant lent entre le porte-objet et la lamelle, l'aspiration du liquide se faisant au moyen d'un bout de papier à filtre.

Acide chlorhydrique.— Le protoplasma devient rose ou faiblement violet lorsqu'on le fait séjourner quelques instants dans l'acide chlorhydrique bouillant.

Acide sulfurique et sucre.— On traite les préparations par l'acide sulfurique ; on les lave à l'eau distillée, de façon à les débarrasser autant que possible de l'acide ; puis on fait passer entre les deux verres qui renferment les objets un courant d'une solution concentrée de sucre ; tout le protoplasma devient rose ou violet.

Dans cette opération, la difficulté consiste à régler très exactement le temps de l'immersion dans l'acide sulfurique.

---

[1] *Loc. cit.*

Digitized by Google

Trop courte, elle est inutile ; trop prolongée, elle détruit tout le protoplasma. On peut dire cependant qu'en général, quand on emploie l'acide anglais concentré, il faut en arrêter l'effet *dès que* le protoplasma commence à devenir très faiblement rosé.

Acide acétique et cochenille.—A la solution de cochenille dans l'alcool à 60°, on ajoute environ 2 °/₀ d'acide acétique. Ce réactif donne au protoplasma une teinte rosée ou violacée.

Carmin.— On fait dissoudre le carmin dans l'ammoniaque et on laisse la solution s'évaporer à l'air, de façon à l'obtenir aussi peu alcaline que possible. Dans ces conditions, elle colore en rouge le protoplasma.

Couleurs d'Aniline. — L'emploi des couleurs d'aniline comme réactifs du protoplasma est récent. Il donne de bons résultats. Malheureusement les réactions diffèrent suivant l'origine des produits, ceux-ci n'étant pas identiques dans toutes les fabriques.

On fait usage du Pourpre, du Bleu, du Jaune, principalement en solution alcoolique. Le *Violet d'Aniline* dissous dans l'alcool est particulièrement précieux en ce qu'il colore en bleu-violet la masse fondamentale du protoplasma, tandis que sous son influence les noyaux, les substances ternaires, les mucilages, les matières amylacées, deviennent rougeâtres[1].

M. Koch[2] s'est servi du *Brun d'Aniline* et de l'*Hématoxyline* pour colorer les bactéries et les photographier plus facilement; on doit alors conserver ces Algues dans de la glycérine additionnée d'acétate de potasse; dans cette solution, la coloration se maintient. La même précaution est à prendre quand on a traité les bactéries par le *Violet de Méthyle* ou *Violet de Paris.*

Ce réactif, en solution alcoolique, nous a été d'un grand secours dans l'étude des micro-organismes. Nous l'avons fait agir très concentré sur des cils vibratiles qui sont invisibles lorsqu'ils ne sont pas colorés, mais s'aperçoivent très bien dans ce liquide.

---

[1] Poulsen ; *loc. cit.*, pag. 48.

[2] Apud Cohn ; *Beitr. z. Biol. der Pfl.*, II, pag. 406.

Digitized by Google

Le protasplasma fondamental s'imprégnant facilement de cette substance, il est souvent nécessaire, sous peine de masquer ses dérivés inclus, d'employer le violet de méthyle très étendu : versée sur la préparation, une goutte au $\frac{1}{10000}$ ou même au $\frac{1}{50000}$ suffit dans bien des cas.

On peut faire agir cette solution d'une façon immédiate sur le protoplasma ou bien après le traitement par l'acide osmique. Dans ce dernier cas, il y a encore coloration. Nous l'avons reconnu chez certaines Algues, par exemple chez le *Clathrocystis roseo-persicina*, les Euglènes, plusieurs organismes nudoflagellés, et dans les cellules des Phanérogames. M. Certes, qui a fait une heureuse application de ce réactif à l'analyse micrographique des eaux, recommande de l'introduire mélangé à la glycérine diluée. « Il faut, dit-il[1], prendre des précautions pour que l'action de la glycérine soit très lente et n'amène pas le ratatinement des tissus. Dans ces conditions, l'élection des matières colorantes se fait mieux ; les organismes restent transparents, et, si l'on veut conserver des échantillons, la glycérine constitue un milieu conservateur et maintient les organismes à l'abri de l'évaporation. »

Tandis que le violet de méthyle tue le protoplasma en même temps qu il le colore, au contraire les solutions aqueuses très faibles de *Brun d'Aniline*, de *Fuchsine* et d'*Éosine* colorent le protoplasma sans le tuer immédiatement. On a vu des organismes vivre plusieurs heures après avoir été colorés par ces matières.

M. Koch[2] a employé l'*Éosine* en solution alcoolique pour tuer et colorer en rose-rouge le protoplasma des *Sarcina*, *Bacterium* et *Bacillus*.

La solution aqueuse de *Cyanine* ou *Bleu de Quinoléine*, en pénétrant dans le protoplasma vivant, y condense la matière colorante en quantité suffisante pour que la teinte en soit appréciable. M. Certes[3] a pu montrer aux membres de la Société zoologique

---

[1] *Comptes rendus*, 14 juin 1880.

[2] *Loc. cit.*

[3] *Bull. Soc. Zool.*, 22 février 1881.

Digitized by Google

de France des Infusoires vivants qu'il avait colorés plusieurs heures auparavant au moyen de la cyanine et du *Brun d'Aniline*, dit brun Bismarck.

Ces résultats sont importants : on pourra désormais, en en tenant compte, étudier sur le vivant les phénomènes de conjugaison et de reproduction chez les Algues et les Infusoires, au lieu de se borner, comme on était réduit à le faire en bien des cas, à examiner les organismes tués à des stades différents de leur évolution.

Noyau. — En général, les matières qui colorent le protoplasma, l'iode, la fuchsine, le carmin, colorent aussi le noyau. Celui-ci absorbe en plus grande quantité la substance colorante. On peut l'étudier en outre à l'aide de réactifs particuliers.

Soumis à l'action de l'*acide osmique*, les noyaux deviennent noirs. La *glycérine iodée* les rend jaunâtres. D'après M. Treub[1], le *Vert de Méthyle* colore en vert très foncé les noyaux qui ne sont pas en voie de division, en vert pâle ceux qui se divisent, parce qu'en réalité ce reactif ne colore dans le noyau que la chromatine.

Dans ses recherches sur la division des cellules, M. Strasburger[2] a employé les couleurs d'aniline avec 1 °/o d'*acide acétique* comme réactifs des noyaux. La coloration très intense qu'ils prennent dans ces conditions les différencie nettement des autres parties du protoplasma.

On emploie dans le même but l'*acide acétique* et la *cochenille*. M. Strasburger[3] immerge les préparations dans l'acide acétique, les lave à l'eau distillée, quelquefois neutralise l'acide au moyen d'une solution alcaline faible, puis fait agir la teinture de cochenille. M. Guignard[4] préfère à ce réactif le *carmin*, pour étudier les noyaux dans le sac embryonnaire et le suspenseur des légumineuses. Il le fait dissoudre dans un mélange d'une partie d'eau,

---

[1] *Archives Néerlandaises*, tom. XV, 1880.

[2] *Zellbildung und Zelltheilung*, III, Aufl. 1880.

[3] *Studien über Protoplasma*, 1876.

[4] *Ann. Sc. nat.*, 6e série, XII, 1881.

Digitized by Google

deux parties d'alcool absolu, une partie de glycérine additionnée de borax.

M. Poulsen[1] obtient la solution de carmin destinée à colorer les noyaux en chauffant 0gr,6 de carmin dans 2 gram. d'ammoniaque jusqu'à réduire de moitié le volume de la solution; il y ajoute 60 gram. d'eau, 60 gram. de glycérine et 15 gram. d'alcool absolu ; puis il filtre après éclaircissement du liquide.

Nous nous sommes servi du carmin tel que M. Guignard le préfère, pour suivre le curieux phénomène de la fragmentation des noyaux dans les cellules hypertrophiées à la suite de blessures[2]; nous avons obtenu un excellent résultat de l'*hématoxyline*. Extraite du bois de campêche, cette matière n'existe cependant qu'en petite quantité dans la teinture de campêche. Nous l'avons préparée d'après la méthode indiquée par M. Poulsen[3]. On met 0gr,35 d'hématoxyline en poudre dans 10 gram. d'eau ; on y ajoute, pour fixer la couleur, quelques gouttes d'une solution filtrée d'alun renfermant 3 gram. d'alun pour 30 gram. d'eau. Lorsque les préparations séjournent quelque temps dans l'hématoxyline ainsi préparée, les noyaux se colorent en beau bleu.

Le *picrocarminate d'ammoniaque* ou picrocarmin de Ranvier est aussi d'un usage précieux pour l'étude des noyaux aussi bien chez les Phanérogrames[4] que chez les Microphytes et les Infusoires[5]. Pour ces derniers, M. Certes[6] dose ainsi la solution du réactif :

Glycérine.....	1 partie.
Eau.....	3 —
Picrocarminate.....	1 —

---

[1] *Loc. cit.*, pag. 42.
[2] *Bull. Soc. Bot.*, 10 mars 1882.
[3] *Loc. cit.*, pag. 46.
[4] Poulsen ; *loc. cit.*, pag. 46.
[5] Voyez à ce sujet Ranvier ; *Traité d'Histologie*. Paris, Baillière et fils.
[6] *Comptes rendus*, 3 mars 1879.

Digitized by Google

La coloration a lieu après la fixation par l'acide osmique ou indépendamment de l'action de cet acide.

Ces divers réactifs peuvent être employés (à la condition d'en varier la concentration) pour étudier au sein du protoplasma la structure intime du noyau, le nucléole, le mode de répartition de la chromatine, tous les phénomènes de la division, la formation du tonneau, de la plaque équatoriale et des pôles, etc... On consultera avec fruit, sur ce sujet, les récents mémoires de MM. Baranetzki [1], Zacharias [2], Strasburger [3], Schmitz [4], Treub [5] et Guignard [6], et le résumé que M. Van Tieghem donne de leurs travaux dans son *Traité de Botanique* [7] en cours de publication.

Corps pigmentés. — L'influence des agents chimiques sur les corps pigmentés du protoplasma a été beaucoup étudiée : peu de réactifs sont néanmoins connus. On sait que l'*étioline* devient bleue quand on la traite par l'acide sulfurique ou l'eau chlorée ; que la matière verte à laquelle on réserve maintenant le nom de *chlorophylle* jaunit sous l'action prolongée des acides *étendus*, tandis que les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés la colorent en bleu ou en vert-bleu ; on indique l'emploi de l'acide chlorhydrique ou de l'eau à 50°C. pour déceler l'*hypochlorine*, l'usage de la potasse pour colorer en brun l'*anthoxanthine* et la *garance* [8], du chlorure de fer pour rendre cette dernière substance rouge ou orange. Mais là se bornent à peu près nos connaissances sur les réactifs de ces matières, dont l'étude présente cependant un grand intérêt pour la physiologie, l'agriculture et l'industrie.

---

[1] *Botanische Zeitung*, 1880.

[2] Ueber die chemische Beschaffenheit des Zellkerns, *in Bot. Zeit.*, 18 mars 1881.

[3] *Loc. cit.*, 1880.

[4] *Sitzungsberichte der Naturf. Gesellsch. zu Halle*, 1878 et 1879.

[5] *Archives Néerlandaises*, tom. XV, 1880.

[6] *Loc. cit.*, 1881.

[7] Paris, Savy, 1882. — Fascicule 4, pag. 343 et suivantes.

[8] Decaisne ; Recherches anatomiques et physiologiques sur la Garance et le éveloppement de sa matière colorante, 10 Pl. Bruxelles, 1837.

Digitized by Google

CRISTALLOIDES PROTÉIQUES. — Les colorations que ces corps prennent sous l'influence de certains réactifs aident, indépendamment des autres caractères, à les distinguer des cristaux minéraux. « Ils manifestent, dit M. Sachs[1], toutes les colorations essentielles du protoplasma : l'accumulation des matières colorantes, la coagulation, la coloration en jaune par l'iode. »

Aussi est-ce à ces agents que l'on recourt pour diagnoser les cristalloïdes du protoplasma lorsqu'ils sont incolores, comme ceux de la pomme de terre, du *Lathræa squammaria*, les grains d'aleurone des graines oléagineuses et de l'albumen du Ricin. Dans les pétales de la Pensée (*Viola tricolor*) et des *Orchis*, les fruits du *Solanum americanum*, les filaments sporangifères des *Pilobolus*, où ils sont colorés, ils peuvent être décolorés par l'alcool, puis colorés à nouveau par les agents qui viennent d'être indiqués.

2. — *Matières ternaires.*

AMIDON. — L'iode est le meilleur réactif de l'amidon. On dit généralement dans les Traités de chimie qu'il le bleuit. Il importe de savoir dans quelles conditions. Quand on fait agir une solution aqueuse d'iode sur les grains d'amidon du haricot, par exemple, ces grains bleuissent immédiatement. Mais il faut bien remarquer que :

1° La coloration disparaît sous l'influence d'une forte chaleur, puis reparaît après refroidissement.

2° La coloration bleue du grain n'est due qu'à une partie de la matière qui le compose.

On distingue en effet dans chaque grain l'*amylose*, qui en constitue en quelque sorte le squelette, et la *granulose*, qui en remplit les interstices et peut en être extraite par la diastase. La première jaunit, tandis que la seconde bleuit fortement sous l'action de l'iode. Le plus souvent elles coexistent ; mais il est des cas où

[1] *Loc. cit.*, pag. 68.

Digitized by Google

elles sont isolées. L'amidon amorphe du *Baccillus Amylobacter* et du *Spirillum amyliferum* est constitué uniquement par la granulose ; l'iode le colore en bleu. Chez les Floridées, l'amidon existe sous forme de grains d'amylose pure auxquels la solution d'iode communique une coloration jaune. Enfin quand il y a, comme chez la pomme de terre, à la fois de l'amylose et de la granulose dans le grain d'amidon, on peut au moyen de l'iode colorer le grain en jaune après avoir extrait la granulose.

Les réactions de l'amidon sont sensibles à ce point qu'on peut les effectuer et les reconnaître sur les très petits grains d'amidon que renferment les corps chlorophylliens. La coloration par l'iode est bien visible quand on a eu soin d'éclaircir le corps chlorophyllien par l'acide acétique, ou d'en augmenter la perméabilité en le soumettant à l'action de la potasse.

Chez les Euglènes, une variété de l'amidon appelée Paramylon forme de longs bâtons cylindriques, des disques ou des corps ellipsoïdaux ; l'iode la colorant en jaune, elle paraît être tout à fait semblable à l'amylose.

Chez plusieurs Infusoires, M. Certes [1], faisant usage du sérum iodé, préconisé par M. Ranvier [2], a mis en évidence une matière amylacée, colorée en brun acajou ou rouge vineux par ce réactif. Il la considère comme identique à la matière glycogène, dont Cl. Bernard a fait connaître l'existence dans le foie des animaux supérieurs et de beaucoup d'Invertébrés. Il est vraisemblable qu'elle existe avec ces mêmes caractères chez beaucoup de plantes, la constitution fondamentale de l'amidon et de la matière dite glycogène étant la même.

Tannins. — Les sels de fer sont les réactifs des acides tanniques. Ils les colorent généralement en noir ou en bleu foncé, quelquefois en vert. L'acétate de fer donne une coloration bleue très intense, le chlorure de fer une teinte vert foncé.

---

[1] *Comptes rendus*, 12 janvier 1880.

[2] *Traité technique d'Histologie*, pag. 158.

Digitized by Google

On emploie aussi le chromate de potasse, le violet d'aniline en solution alcoolique et le chloroiodure de zinc étendu. Les tannins deviennent rouge-brun dans le premier cas, rouges dans le second, rouges ou violets dans le troisième.

Le développement du *Penicillium glaucum* et du *Sterigmatocystis nigra* dans une solution de tannin exposée à l'air, dédouble le tannin en glucose et acide gallique. Peut-être le phénomène est-il dû à une diastase formée en très petite quantité dans les cellules de la plante. Le même dédoublement s'opère par les acides étendus. Il est probable qu'il a lieu aussi à l'intérieur des cellules tannifères par les progrès de la végétation, car on voit quelquefois ces cellules perdre peu à peu leur tannin et acquérir à mesure une proportion de plus en plus forte de glucose, transformation qui est surtout sensible pendant la maturation des fruits [1].

Il y a là un intéressant sujet d'étude ; on peut par la microchimie déterminer très exactement la localisation du tannin ; il serait très important d'en suivre les métamorphoses. La difficulté consiste probablement à bien mettre la diastase en évidence, car, pour les sucres, les moyens de les déceler sont nombreux.

Sucres. — Le *sulfate de cuivre*, suivi de l'action de la potasse après lavage, communique aux sucres une coloration qui permet de les reconnaître dans les tissus des plantes. Mais la coloration est différente suivant que le sucre appartient au groupe des *Saccharoses* ($C^{24}H^{22}O^{22}$) ou des *Glucoses* ($C^{12}H^{12}O^{12}$). M. Poulsen[2] recommande d'opérer de la façon suivante.

On fait une coupe pas trop épaisse du tissu ; on la plonge pendant un temps qui varie de 2 à 10 minutes dans une solution concentrée de sulfate de cuivre ; puis on la lave rapidement à l'eau distillée et on la soumet à l'action d'une solution chaude de potasse. Les cellules qui renferment de la saccharose mani-

---

[1] Van Tieghem ; *Traité de Botanique*, pag. 542. Savy, éditeur. Paris, 1882.
[2] *Loc. cit.*, pag. 33.

Digitized by Google

festent alors une coloration bleu clair, tandis que celles qui renferment les glucoses prennent une teinte rouge orangé.

Quand on traite les premières par l'acide sulfurique ou le nitrate de potasse à chaud, elles perdent leur coloration bleue et deviennent comme les secondes rouge orangé.

M. Gaston Bonnier[1] a pu, par l'emploi de la liqueur de Fehling, déterminer au microscope la localisation, l'abondance relative des saccharoses et des glucoses dans les nectaires des fleurs.

« On met dans la préparation une goutte de la liqueur de Fehling étendue; on chauffe la préparation. On regarde au microscope dans quelles régions s'est formé le précipité jaune ou jaune rougeâtre. On intervertit; on remet une goutte de liquide cupropotassique; on rechauffe. On examine de nouveau le précipité. S'il est beaucoup plus abondant que dans le premier cas, c'est que l'accumulation de saccharose est notable. Il faut, bien entendu, qu'il y ait un excès de tartrate dans la première opération pour que le glucose ait été précipité.

» Cette manière d'opérer est très-délicate, exige une grande habitude et de nombreuses précautions.

» Si l'on fait bouillir le liquide sous la lamelle, de façon à produire de violents mouvements, le précipité se distribue dans toute la préparation; on trouve alors une teinte jaune générale et l'on ne peut rien conclure.

» Il faut en outre faire l'opération le plus vite possible, sans quoi, l'eau dissolvant les sucres peu à peu, on aurait encore un précipité général. Enfin il ne faut pas que la préparation soit très mince, si l'on veut bien juger de l'intensité relative des teintes obtenues par la réaction.

» Les meilleures conditions sont donc d'opérer vers 90 à 95 degrés, avec des coupes peu minces. Si le résultat se trouve trop masqué par la dissolution des sucres dans l'eau de la préparation, on opère en faisant chauffer les coupes dans un petit

---

[1] Les Nectaires; Étude critique, anatomique et physiologique, in *Ann. Sc. nat.*, 1879.

Digitized by Google

tube, puis en les reprenant avec une pince pour les examiner ensuite, une fois le précipité obtenu dans les cellules.

» Sans prendre toutes ces précautions dans mes premiers essais, j'avais cru ce procédé de recherche impraticable. Il m'a donné ensuite de très bons résultats dans beaucoup de cas, car en comparant l'observation de ces précipités plus ou moins intenses avec les résultats fournis par le procédé de recherche précédent dans les cas très-nets, j'ai trouvé une concordance suffisante.

» En somme, la teinte jaune produite par la liqueur de Fehling, l'augmentation de la teinte après l'interversion, ne sont pas des preuves absolues de la présence des glucoses et des saccharoses[1], mais c'est un caractère important qui, joint à d'autres, peut servir à démontrer la présence des sucres dans les cellules. Si l'on a reconnu par un dosage la présence réelle des deux genres de sucres, ce procédé donne d'excellentes indications sur la manière dont ils sont distribués dans les tissus[2]. »

Huiles, Matières grasses, Résines. — Le réactif général de ces substances est la *teinture alcoolique d'Alcanna*. On extrait la matière colorante des racines de l'*Alcanna tinctoria*. La teinture colore en rouge, non pas les gouttes d'huile individuellement, mais l'ensemble constitué par ces gouttes et le protoplasma qui les contient lorsqu'elles y sont assez nombreuses. Il en est ainsi dans les graines oléagineuses. Le réactif montre que l'huile est toujours située en dehors des grains d'aleurone[3].

La teinture d'Alcanna colore également les résines en rouge.

On emploie aussi la *cyanine* comme réactif des matières grasses. Ces substances absorbent très énergiquement la matière colorante de la solution aqueuse ou alcoolique de bleu de qui-

[1] « Puisque certaines gommes peuvent précipiter le tartrate, il en est de même de certaines variétés de dextrine et de la dextrine ordinaire en présence des acides. »

[2] Gaston Bonnier; *loc. cit.*, pag. 83.

[3] Poulsen; *loc. cit.*, pag. 41.

Digitized by Google

noléine. Les moindres particules graisseuses du protoplasma peuvent ainsi acquérir une grande netteté, comme l'ont montré les expériences tentées par M. Certes[1] sur plusieurs organismes inférieurs, animaux ou végétaux.

Mucilages. — Les couleurs d'aniline colorent très fortement les membranes mucilagineuses, que l'iode seul ou l'iode employé après l'action de l'acide sulfurique ne colore pas en bleu. Le chloroiodure de zinc leur communique une teinte jaune; ils prennent, d'après M. Solla[2] et M. Höhnel[3], une belle couleur jaune après quelque temps d'immersion dans l'ammoniaque additionnée de nitrate de potasse[4].

Cellulose. — La cellulose des membranes végétales a pour formule chimique $C^{12}H^{10}O^{10}$. Mais elle existe chez les plantes à des états différents de condensation. Le polymère $(C^{12}H^{10}O^{10})^4$, que l'on peut prendre pour type de la cellulose, ne bleuit pas par l'iode, mais manifeste une belle coloration bleue à la suite du traitement par l'iode et l'acide sulfurique. Le polymère $(C^{12}H^{10}O^{10})^3$, qui est assez rare, bleuit directement par l'iode comme la granulose : il en est ainsi dans les paraphyses et les parois des thèques des Lichens et chez plusieurs champignons.

Nous avons obtenu un bon résultat de la solution iodée au titre de 1 gram. d'iode dans 3 gram. d'iodure de potassium et 600 gram. d'eau.

L'acide sulfurique et l'iode s'emploient d'une façon successive. L'iode peut être en solution aqueuse ou en solution alcoo-

---

[1] Sur ce sujet voyez : Balbiani ; *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires*, note 1, pag. 27, 1861. — Ranvier ; *loc. cit.*, pag. 102. — Adrien Certes ; Sur un procédé de coloration des Infusoires et des éléments anatomiques pendant la vie, *Comptes rendus*, 8 mars 1881.

[2] Mittellamelle der Holzelemente u. d. Hoftüpfelschliessmembran, *Bot. Zeitg.*, 1880, Nr. 26.

[3] Voyez Poulsen ; *loc. cit.*, pag. 61.

[4] Beitr. zur Kenntniss d. chem. und phys. Beschaffenheit der Intercellular substanz, *Desterr. botan. Zeitschr*, 1879, november.

Digitized by Google

lique. L'acide sulfurique peut être remplacé par l'acide phosphorique. Enfin, à l'emploi successif des deux agents, iode et acide, on peut substituer un seul réactif qui a le même effet : le chloroiodure de zinc.

Il est très important de remarquer que le chloroiodure de zinc ne peut pas être rigoureusement défini au point de vue quantitatif, le même réactif ne convenant pas également bien à toutes les espèces de plantes. Bien souvent nous avons observé que le chloroiodure de zinc, qui venait de nous donner d'excellentes indications sur des coupes d'une espèce, n'agissait pas nettement sur une autre espèce. C'est que les cellules végétales renferment diverses matières qui, dans bien des cas, peuvent s'opposer à la réaction. Aussi avons-nous pris le parti de les bien laver (soit dans l'eau, l'alcool, l'éther ou le chloroforme) avant de les soumettre à l'action des réactifs.

Enfin nous employons quatre ou cinq préparations différentes du chloroiodure de zinc, et quand l'une ne nous donne aucun résultat nous recourons à une autre.

Nous préparons le chloroiodure de zinc en ajoutant à une solution aqueuse de chlorure de zinc très concentrée une quantité variable d'iodure de potassium. Tantôt nous y versons une petite quantité d'iode, tantôt nous n'en mettons pas.

En modifiant la proportion de ces éléments, en étendant ou non d'eau les mélanges, nous en obtenons une série de quatre, cinq ou six, dont un au moins peut nous servir lorsque les autres ne nous sont d'aucune utilité.

M. Poulsen [1] indique l'emploi successif de la potasse et du sulfate de cuivre pour colorer en bleu intense les membranes âgées de cellulose.

Le carmin en solution alunée colore en rouge intense les membranes cellulosiques. M. Tangel [2], qui a bien étudié cette

---

[1] *Loc. cit.*, pag. 59.

[2] Ueber offene Communication zwischen den Zellen des Endosperms, in *Pringsh. Jahrb.*, XII, 1880.

Digitized by Google

coloration, prépare le réactif de la façon suivante : Il sature d'alun l'eau distillée, il y ajoute une petite quantité de carmin, il fait bouillir pendant dix minutes et filtre après éclaircissement. La solution a l'avantage de ne colorer ni la lignine ni la subérine.

Lignine ou lignose. — Sous l'influence du chloroiodure de zinc employé seul, ou bien de l'iode et de l'acide sulfurique employés simultanément, les membranes lignifiées jaunissent. Elles bleuissent lorsque l'action de ces substances a été précédée de l'immersion des tissus dans un acide, surtout l'acide sulfurique, l'acide chromique et l'acide nitrique.

Ces réactions étant communes, d'après nos recherches, aux parois des cellules ligneuses, des fibres lignifiées et des vaisseaux âgés, il nous paraît légitime de conclure qu'elles sont constituées par la même matière ligneuse.

La lignification consiste en une imprégnation de la cellulose primitive, c'est-à-dire que la molécule polymère $(C^{12}H^{10}O^{10})^4$ se décompose en un polymère moins élevé qui se colore et imprègne l'autre partie du polymère restée à l'état de cellulose. D'après Bergmann, la lignose a pour formule $C^{36}H^{26}O^{22}$, qui, pour pouvoir être comparée à celle de la cellulose, peut s'écrire à peu près sous cette forme $C^{12}H^{9}O^{7}$. La matière qui imprègne la cellulose est donc moins oxygénée que cette dernière substance : l'action des acides consiste à l'éliminer des membranes.

M. Van Tieghem a fait connaître, en 1863, une réaction des membranes lignifiées sur laquelle a été fondé depuis un moyen de les caractériser. Ce moyen consiste dans l'emploi d'une matière qui, en présence des acides, se forme dans les membranes lignifiées. Il est dû à M. Wiesner[1]. D'après M. Poulsen[2], on opère de la façon suivante : On fait une solution aqueuse et mieux alcoolique de *phloroglucine*, et l'on en dépose une goutte sur la lame de verre où se trouve le tissu végétal, celui-ci ayant

---

[1] *Sitzungsber. der Wiener Akad.*, 77, Bd. I, Abth. Januarheft.

[2] *Loc. cit.*, pag. 40.

Digitized by Google

été préalablement plongé dans l'acide acétique. Les parties lignifiées prennent bientôt une coloration rouge intense et la conservent pendant longtemps.

M. Wigan[1], M. Maschke[2], M. Vogl[3], ont, d'après M. Poulsen[4], employé la solution aqueuse de *cochenille* en mélange avec l'acide acétique ou l'alun pour colorer les cellules prosenchymateuses du liber. La coloration, qui est rouge, devient très intense après le séjour *prolongé* du tissu dans la solution.

Cutine, Subérine. — La véritable subérine constitue un composé défini, non un mélange. Quand les membranes dites subérifiées ou cutinisées, après avoir été traitées par un acide bouillant, se colorent en bleu sous l'influence du chloroiodure de zinc, c'est qu'elles sont seulement lignifiées. La vraie subérine jaunit sous l'action de ce réactif, même après l'immersion dans les acides bouillants. La réaction est la même quand au chloroiodure de zinc on substitue l'iode ou l'acide sulfurique.

La cutine, qui se comporte de cette façon, semble être identique à la subérine. Elle peut être assez fidèlement représentée par cette formule $C^{12}H^{11}O^{2}$. Mais les cuticules d'où le traitement par les acides permet de mettre à nu la cellulose et de la colorer ensuite, ne sauraient être considérées que comme lignifiées.

Nous avons constaté que la lignine et la subérine retiennent les couleurs d'aniline bien plus énergiquement que ne le fait la cellulose. Nous fondant sur cette observation, nous avons réussi, par l'emploi de ces couleurs, à bien différencier, dans les coupes microscopiques des tissus végétaux, les parties cellulosiques et les parties non cellulosiques des membranes. Nous faisons baigner les coupes dans une solution moitié alcoolique, moitié aqueuse de fuchsine ; puis nous les plongeons dans l'alcool

---

[1] *Botan. Zeitg.*, 1862, pag. 129 et 139.

[2] *Botan. Zeitg.*, 1859, pag. 22.

[3] Anat. und Histol. der unterirdischen Theile von Convolvulus arvensis, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.*, XIII, 1863.

[4] *Loc. cit.*, pag. 42.

Digitized by Google

absolu. Après ce dernier traitement, les parties cellulosiques sont décolorées, tandis que les parties cutinisées ou subérifiées conservent pendant très longtemps encore la couleur rouge de la fuchsine. Comme on le voit, ce procédé ne saurait servir pour l'analyse, mais il est d'un usage commode pour permettre de lire très rapidement les coupes en distinguant immédiatement les différences les plus saillantes de la constitution chimique.

Sur ces réactions microchimiques de la cellulose, de la lignine et de la subérine est fondée en partie la détermination de la nature des fibres qui entrent dans la composition industrielle des étoffes. M. Vétillart [1] a publié sur ce sujet un important ouvrage auquel nous empruntons les indications suivantes.

Pour désagréger les fibres du tissu à examiner, on le fait bouillir pendant une demi-heure dans une lessive contenant 10 °/₀ de carbonate de potasse ou de soude. Cette opération a aussi pour but de gonfler les parois cellulaires et de les rendre plus pénétrables aux réactifs. Dans les cas, d'ailleurs assez rares, où elle est insuffisante, MM. H. Beauregard et V. Galippe [2] recommandent de plonger le tissu pendant dix minutes dans une solution concentrée de potasse ou de soude. Ce traitement doit être suivi du lavage du tissu à l'eau distillée. Lorsque l'échantillon est séché, on dissocie les filaments et l'on soumet à l'action des réactifs l'une des trois parts que l'on en fait.

Nous devons nous borner ici à signaler la distinction que l'iode et l'acide sulfurique, ou bien le chloroioduro de zinc, permettent d'établir entre les éléments qu'ils colorent en bleu et ceux qu'ils colorent en jaune. Pour l'effectuer, M. Vétillart conseille l'emploi d'une solution d'iode fraîchement préparée en saturant de ce métalloïde 100 gram. d'eau distillée à laquelle on a préalablement ajouté 1 gram. d'iodure de potassium. Quant à l'acide sulfurique, il recommande de mélanger 2 volumes de

---

[1] *Études sur les fibres végétales textiles employées dans l'industrie.* Paris, 1876.

[2] *Guide de l'élève et du praticien pour les travaux pratiques de micrographie.* Paris, Masson, 1880.

Digitized by Google

glycérine concentrée à 1 volume d'eau distillée, solution dans laquelle on introduit peu à peu 3 volumes d'acide sulfurique du commerce marquant 66° Baumé. Le vase où s'effectue cette opération doit être entouré d'eau.

Les fibres que l'on soumet à l'action de ces réactifs doivent être aussi sèches que possible. Dans ce but, on les expose à la chaleur. On place les fibres sur le porte-objet et on y dépose une ou deux gouttes de la solution iodée. Quand elles s'en sont bien imprégnées, on enlève l'excès du liquide au moyen d'un papier à filtre. On pose alors sur les fibres le couvre-objet ; puis on fait passer un courant de la solution d'acide sulfurique sous cette petite lamelle. On observe alors les réactions qui se produisent : on voit, parmi les éléments appartenant aux dicotylédones, la jute se colorer en jaune ; le lin, le chanvre, le sunn, le coton, se colorer en bleu ; — parmi les Monocotylédones, le *Phormium tenax*, l'*Agave americana* devenir jaunes ; l'alfa et la sparte complètement bleus. Les lecteurs que cet examen microchimique des fibres textiles intéresse, consulteront avec profit l'ouvrage de M. Vétillard, rempli de détails précis, qui ne sauraient trouver place ici.

VII. — CONSERVATION.

Les procédés de conservation des préparations histologiques étant généralement bien connus, nous n'aurons que peu de chose à en dire.

La *Glycérine* est le liquide le plus souvent employé dans ce but. Il est cependant des cas assez nombreux où l'on ignore qu'elle ne vaut rien. C'est ainsi qu'il ne convient de l'employer ni pour les Floridées, ni pour les Diatomées, ni pour les Bactéries. Les membranes des Floridées, surtout lorsqu'elles n'ont pas été plongées d'abord dans l'alcool absolu, se gonflent dans la glycérine au point que la forme des cellules n'est plus reconnaissable. Les ponctuations des Diatomées ne s'y aperçoivent pas nettement ; les parois cellulaires des Bactéries deviennent si

Digitized by Google

claires dans la glycérine qu'il est très difficile de les y apercevoir.

Ces Algues se conservent très bien au contraire dans la *Gélatine glycérinée*. M. Nordstedt's[1] la recommande surtout pour les Desmidiées ; il la prépare en mélangeant *à chaud*

Gélatine pure.....	1 partie.
Eau distillée.....	3 parties.
Glycérine.....	4 —

qu'il décante ensuite.

On doit à M. Kaiser[2] une autre préparation. Il abandonne pendant deux heures une partie en poids de gélatine de France dans six parties d'eau distillée ; il y ajoute ensuite sept parties de glycérine pure, et dans 100 gram. du mélange il introduit 1 gram. d'acide phénique. Il chauffe et agite le tout pendant dix ou quinze minutes, jusqu'à ce que la masse soit devenue fluide et claire ; après quoi il filtre.

Cette gélatine glycérinée offre sous une mince épaisseur la clarté et la translucidité de l'eau. Elle convient à toutes les préparations qui, devant être recouvertes d'une lamelle, sont cependant si délicates que la pression de la lamelle les déforme : tels sont les grains de pollen, les grains d'amidon, les fécules, les cellules de levûre, les spores, surtout celles des algues unicellulaires, comme les Desmidiées.

Le même liquide est excellent pour conserver la structure du protoplasma et la distribution des corps chlorophylliens dont la forme et la position ont été fixées par l'alcool absolu ou l'acide osmique. Quand on a fixé ainsi la préparation, on la porte dans la glycérine étendue, puis dans la gélatine glycérinée. Après le refroidissement de ce liquide, on peut luter la lamelle recouvrante.

Une autre substance est encore préférable, en raison de la différence des réfringences, pour la conservation des Diatomées :

---

[1] Om anwändandet af gelatinglycerin vid undersökning og preparering af Desmidieer, *Botaniska Notiser*, 1876, Nr. 2.

[2] *Botanisches Centralblatt*, 1880, Nr. 1, pag. 25.— Confer. : Glycerin-Gelatine for Mounting, in *Journal of Royal micr. Soc.*, vol. III, 1880, pag. 502.

Digitized by Google

c'est le *Baume du Canada;* on liquéfie le baume en le chauffant. Les stries les plus fines des Diatomées y sont indéfiniment visibles.

Au baume pur on peut substituer une solution très concentrée de baume dans l'éther ou le chloroforme; ce mélange est plus pur. Les objets délicats et riches en eau ne se conservent bien dans le baume qu'après avoir été desséchés à l'air ou traités par l'alcool absolu ou l'huile de girofle.

Toutes les préparations, même celles qui sont faites au baume, doivent être lutées.

L'URGONIEN DU LANGUEDOC

Par M. A. TORCAPEL.

Le terrain néocomien recouvre, dans les départements du Gard et de l'Ardèche, des surfaces considérables. Sauf quelques pointements du Jurassique supérieur, quelques îlots irréguliers formés par les étages supérieurs du groupe crétacé et par les dépôts tertiaires, ses assises puissantes occupent la plus grande partie d'un polygone dont les sommets seraient les villes de Privas, Alais, Ganges, Montpellier et Avignon. Il constitue ainsi, entre le Jurassique des Cévennes et le Rhône, une bande irrégulière dont la longueur est de 120 kilom. et dont la largeur atteint, entre Alais et Avignon, environ 60 kilom.

Dans ce vaste périmètre, le terrain néocomien forme en quelque sorte l'ossature de la contrée, et ce sont les dislocations qu'il a subies et sur lesquelles se moulent, pour ainsi dire, les dépôts subséquents, qui ont déterminé la topographie générale du pays.

Le long du bord occidental et aux extrémités de la bande néocomienne, on voit ses couches inférieures reposer, en stratification concordante, sur les calcaires massifs du Jurassique supérieur. On observe successivement, à partir de ces calcaires, les couches

Digitized by Google

à *Terebratula Janitor*, les couches de Berrias, les marnes à *Belemnites latus*, et enfin les calcaires et les marnes à *Echinospatagus cordiformis* ou *Calcaire à Spatangues*. Je ne reviendrai pas aujourd'hui sur ces diverses zones, dont j'ai déjà indiqué la composition et la puissance dans mes précédentes études sur les lignes de Lunel au Vigan et d'Alais au Pouzin. Le présent travail a pour objet spécial les couches néocomiennes supérieures à ce dernier horizon, couches qui constituent spécialement, pour la plupart des auteurs, l'*étage urgonien*. Ces couches, dont la stratigraphie dans le Languedoc n'a pas encore été donnée d'une manière complète, sont cependant bien dignes d'attirer l'attention par l'importance qu'elles prennent dans cette région, et qui paraît avoir été jusqu'ici méconnue.

Lorsqu'on s'écarte, en effet, de la limite occidentale du néocomien pour se rapprocher du Rhône, on trouve les couches à *Echinospatagus cordiformis*[1] presque partout recouvertes par l'étage urgonien, dont les couches puissantes, se continuant jusqu'au Rhône, occupent, par suite, des surfaces extrêmement considérables. Ce sont elles qui constituent notamment les vastes plateaux de Larnas et de Saint-Remèze dans l'Ardèche ; de Lussan, d'Uzès et de Nimes dans le Gard ; et les sommets les plus élevés de la contrée, tels que le Serre-de-Bouquet, la Dent-de-Retz près Vallon, et le Mont de la Serre près Beaulieu (Ardèche). La chaîne du Bois des Lens (Gard) est également formée par ces couches.

Les observations que j'ai faites depuis quelques années, en m'aidant des déblais faits pour la construction des chemins de r de la région, m'ont conduit à reconnaître dans cet étage trois zones bien distinctes que nous étudierons successivement, savoir :

I. A la base, une zone calcaire à Ammonites et à Ancyloceras, que je désignerai sous le nom d'*Urgonien inférieur* ou *Cruasien*[2] ;

---

[1] Syn. : *Spatangus retusus*, *Toxaster complanatus*.

[2] De Cruas (Ardèche), où cette zone offre un beau développement.

Digitized by Google

II. Une zone de marnes et de calcaires plus ou moins marneux constituant l'*Urgonien moyen*, et pour laquelle je proposerai le nom de *Barutélien*[1] ;

III. Une zone calcaire renfermant de nombreux *Chama*, formant l'*Urgonien supérieur* du Languedoc, et que je désignerai sous le nom de *Donzérien*[2].

En proposant ces désignations nouvelles, je ne cède pas à un vain désir de faire du neuf. La Géologie n'est déjà que trop encombrée de termes qui souvent ne répondent pas à des horizons bien définis; mais lorsqu'un groupe de couches, offrant d'ailleurs un développement suffisament étendu, a été bien déterminé stratigraphiquement, c'est-à-dire par sa position dans l'échelle des strates et par les fossiles qu'il contient, il me paraît utile de lui donner un nom qui permette de le désigner d'un mot, sans avoir recours à des circonlocutions. Outre qu'on simplifie ainsi le langage et qu'on le rend plus précis, l'étude comparative des couches de même âge ou d'âges voisins, dans des contrées différentes, devient bien plus facile.

La distinction des zones est d'ailleurs indispensable pour assurer les progrès de la Paléontologie. Plus, en effet, on avance dans l'étude des fossiles, plus on reconnaît l'importance de la spécification exacte du niveau de leur gisement ; et le moyen le plus simple d'arriver à cette spécification, est de désigner les diverses zones qui constituent chaque étage par les noms des localités où elles offrent le développement le plus typique.

I. — De l'*Urgonien inférieur* ou Cruasien.

Cette zone se subdivise en deux assises distinctes : 1° une assise inférieure formée de calcaires compactes ou légèrement marneux renfermant des Ancyloceras en assez grand nombre, et qui correspond au *Calcaire à Criocères* de M. Lory : je la désignerai sous ce nom ; et 2° une assise supérieure formée de calcaires un peu

[1] De Barutel (Gard), carrières situées à 7 kil. de Nimes et ouvertes dans cette zone.

[2] De Donzère (près Viviers), où le calcaire à *Chama* forme de grands escarpements.

Digitized by Google

crayeux ou subcristallins, contenant beaucoup de silex et formés en partie de débris organiques, que j'appellerai *Calcaire à silex et à lumachelles.*

Mais avant de décrire ces deux assises, il convient de bien préciser l'horizon du *Calcaire à Spatangues*, qui forme en quelque sorte le soubassement des couches urgoniennes. C'est d'autant plus nécessaire qu'on a englobé sous cette designation des couches diverses qui doivent en partie être rattachées à l'Urgonien.

Je rappellerai donc que la zone à *Echinospatagus cordiformis*, ou *Calcaire à Spatangues*[1], est constituée dans le Gard et dans l'Ardèche par des marnes noduleuses et des calcaires plus ou moins marneux, gris-bleu assez foncé, jaunissant à l'air, en bancs de 0m,20 à 0,30, souvent divisés en polyèdres bicolores. Les calcaires et les marnes alternent irrégulièrement, et on y trouve communément *Echinospatagus cordiformis*, *Ostrea Couloni*, *Pholadomya elongata*, *Ammonites Astierianus*, *Am. cryptoceras*, *Am. radiatus*, *Am. Liebigi*, *Nautilus pseudo-elegans*. Les Bélemnites y sont rares.

Cette zone est presque partout fossilifère et bien connue des géologues de la région. Elle affleure sur presque tout le pourtour occidental de la bande néocomienne, et notamment dans l'Ardèche, à Baix, Villeneuve-de-Berg, Ruoms, Sampzon, et dans le Gard à Rousson, les Tavernes, la Cadière, Sauve, sur quelques points aux environs de Nimes, etc., etc.

1° Calcaires a Criocères. — Au-dessus des calcaires à Spatangues se développent les couches à Criocères, dans lesquelles les calcaires deviennent plus compactes et sont en bancs plus épais. Les lits marneux intercalés s'amincissent de plus en plus et disparaissent même presque entièrement dans la partie supérieure. La masse est alors à très gros bancs. En même temps la nuance de la roche s'éclaircit, passe au bleu et devient jaunâtre sous l'influence de l'air. La cassure est largement conchoïdale. C'est ainsi que se présentent les couches puissantes exploitées pour

[1] *Hauterivien* des auteurs.

Digitized by Google

la fabrication de la chaux hydraulique à Cruas, et à Lafarge près du Teil, où elles n'ont pas moins de 150 mètres d'épaisseur.

Dans la partie supérieure de cette assise, le calcaire devient encore plus compacte et peut être exploité comme pierre d'appareil. C'est dans ces bancs que se trouvent les carrières à pierre de taille de Cruas, celles de Saint-Thomé et celles qui sont exploitées à Nimes, le long de la route d'Alais, au pied de la colline des moulins à vent, et qui sont désignées sous le nom de *roquemaillères*.

Les calcaires à Criocères constituent le sommet des collines qui longent l'Ardèche entre Villeneuve-de-Berg et Sampzon. Ils s'étendent de là, du côté du Rhône, jusqu'à une ligne passant par Vallon, Valvignières, Saint-Thomé, Lafarge, et remontent la rive droite du fleuve jusque près de Baix. Dans le Gard, ils sont peu développés vers l'Ouest ; on les observe cependant à Quissac (couches à *Ostrea macroptera*), et ils augmentent d'épaisseur en se rapprochant de Nimes, où leur puissance est de 150 mètres au moins. On en voit une belle coupe dans les tranchées du chemin de fer entre Saint-Just et Euzet et entre Beaucaire et Comps ; mais cette partie inférieure du Cruasien est souvent cachée par les calcaires à silex et à lumachelles qui forment la partie supérieure de la zone.

J'ai recueilli dans les calcaires à Criocères les espèces suivantes:

Nautilus pseudo-elegans, d'Orb.,	trouvé à	Beaucaire.
— *plicatus*, Sow.	—	Beaucaire, Euzet.
Ammonites recticostatus, d'Orb.	—	Cruas, Nimes.
— *Leopoldinus*, d'Orb.	—	Beaucaire.
— *Matheroni*, d'Orb.	—	Cruas.
— *cultratus*, d'Orb.	—	Beaucaire.
— *cryptoceras*, d'Orb.	—	Euzet.
— *ophiurus*, d'Orb.	—	Cruas, Nimes.
— *subfimbriatus*, d'Orb.	—	Nimes.
— *Emerici*, Raspail	—	Nimes.
— trois autres espèces non décrites.		
Ancyloceras Duvalii, Lév.	—	Nimes.
— *Matheronianus*, d'Orb.	—	Cruas, Lafarge.

Digitized by Google

Ancyloceras Renauxianus, d'Orb. — Cruas.
Ostrea macroptera, Sow. — Quissac.
Nemausina neocomiensis, É. Dumas ; très commune.

Cette faune justifie amplement la distinction que j'établis entre ces calcaires et ceux de la zone sous-jacente, ainsi que le nom de *Calcaire à Criocères*, que je donne à cette assise, en la considérant comme le prolongement de celle désignée ainsi par M. Lory [1], dans le Dauphiné.

Les fossiles, sans être très rares, n'y sont cependant pas communs.

2° Calcaires a silex et a lumachelles. — Au-dessus des calcaires bleus de l'assise à Criocères se présentent d'autres calcaires dont la couleur la plus ordinaire est le blond, mais qui sont souvent blanchâtres et chargés de rognons siliceux. Ces calcaires ne sont plus, comme les précédents, formés d'une pâte compacte et finement lamelleuse, mais bien de petites particules arrondies donnant à la roche un aspect oolithique et la rendant subcrayeuse. Ils contiennent en outre des cristaux lamellaires qui ne sont autre chose que des débris d'encrines et de bryozoaires. Dans certains bancs, ces cristaux sont extrêmement abondants, très fins, et rendent la roche saccharoïde ; d'autres fois ils se mélangent avec un nombre infini de fragments de coquilles, de piquants d'oursins, qui font passer la roche à une véritable lumachelle.

Ces *Calcaires à silex et à lumachelles* sont à bancs d'épaisseur très variable, à stratification ordinairement confuse, à cassure fragmentaire. Ils sont très résistants, souvent caverneux et coupés par de grandes fentes verticales, avec crevasses remplies d'aragonite, de bauxite et autres minéraux. Ils forment généralement des massifs rocheux en saillie sur les terrains environnants.

Cette assise n'a pas échappé à l'attention de M. É. Dumas [2], et il

---

[1] Ch. Lory ; *Description géologique du Dauphiné*, § 156.
[2] É. Dumas ; *Statistique géolog. du Gard*, pag. 322.

Digitized by Google

a signalé des calcaires à lumachelles au pic d'Hortols, dans l'Hérault, et près de Sommières ; mais il la comprend, ainsi que la précédente, dans son étage des «*Calcaires jaunes et bleus à spatangoïdes*». Je l'ai reconnue moi-même, très nettement caractérisée, dans le revers méridional des collines qui environnent la ville de Nimes, où les bancs les plus cristallins sont recherchés pour la fabrication des pavés. Les calcaires rocheux d'où sort la belle source de *la Fontaine*, ceux du Mont-Duplan, appartiennent à cette assise. Les carrières du Mont-Cavalier sont également ouvertes dans ces calcaires, qu'on peut aisément étudier dans les grandes tranchées du chemin de fer d'Alais. Leur superposition aux calcaires à Criocères sous-jacents peut être observée nettement au pied de la colline de la Tour-Magne, près du Cimetière protestant, où on voit ces derniers calcaires, exploités dans les carrières, recouverts par un gros banc pétri de rognons de silex qui forme la base du calcaire à lumachelles.

A Nimes, la puissance de ces calcaires ne paraît pas dépasser une centaine de mètres, mais elle augmente beaucoup d'importance à mesure qu'on s'avance vers le Rhône. Ils ont été traversés sur une grande longueur dans les tranchées du chemin de fer de la rive droite, entre Aramon et Pont-d'Avignon. Ils forment tout le plateau dit des *Roches Castillonnes*, entre Aramon et Pujaut. La barre rocheuse qui traverse la vallée du Rhône à Roquemaure, le massif de la Montagnette, entre Tarascon et Barbentane, le rocher des Doms, à Avignon, appartiennent également à cette zone.

Dans toute cette région, les calcaires à lumachelles sont très rocheux et ressemblent beaucoup aux calcaires à *Chama* de l'Urgonien supérieur, avec lequel ils ont été confondus, en sorte qu'on leur a souvent donné le nom de calcaires à *Chama*, alors même qu'ils ne contiennent pas ce fossile ni aucune autre espèce de chamacée.

En remontant le Rhône, on retrouve ce calcaire entre Viviers et le Teil, et entre Rochemaure et Cruas. Il y recouvre les bancs à Criocères, dont le distinguent sa structure suboolithique et

Digitized by Google

les rognons siliceux qu'il contient en abondance. Sa puissance, dans cette région, est d'au moins 200 mèt.

Cette assise est également bien marquée près d'Euzet-les-Bains. Les travaux du chemin de fer y ont mis à jour des *Ancyloceras* gigantesques (ils atteignent jusqu'à $0^m,22$ de diamètre à la crosse), parmi lesquels j'ai cru reconnaître l'*A. Emerici*.

Les fossiles sont du reste très rares dans cette assise, et ce n'est guère qu'en y faisant des déblais considérables qu'on arrive à en découvrir. Ceux que j'ai pu y observer, et qui sont presque exclusivement des Céphalopodes de grande taille, sont :

Nautilus neocomiensis, d'Orb.,	trouvé à	Lafarge, les Issards.
— *plicatus*, Sow.	—	Lafarge.
Ammonites recticostatus, d'Orb.	—	Rochemaure.
— *incertus*, d'Orb.	—	Lafarge.
— *Matheroni* d'Orb.	—	Nimes.
Ancyloceras Duvalianus, d'Orb.	—	Euzet.
— *Emerici*, Lév. (?) [1]	—	Euzet.
Toxoceras Honoratianus, d'Orb.	—	Cruas.
Nemausina neocomiensis, É. D.,	très commun.	

Cette faune n'offre rien qui la distingue essentiellement de celle de l'assise précédente ; c'est pourquoi j'ai réuni ces deux assises pour former une seule subdivision.

II. — De l'*Urgonien moyen* ou Barutélien.

Les calcaires rocheux Cruasiens sont recouverts, dans le Languedoc, par un système de marnes et de calcaires plus ou moins marneux qui occupent une bonne partie des plateaux urgoniens de la contrée, et qui paraissent avoir été confondus jusqu'à présent avec les marnes à *Belemnites latus* du Néocomien inférieur. Cette zone affleure dans toute l'étendue du massif languedocien, mais c'est aux environs de Nimes qu'elle semble offrir le déve-

[1] É. Dumas cite cette espèce à Villeneuve-lès-Avignon, dont les calcaires appartiennent à cette zone.

Digitized by Google

loppement le plus complet et qu'elle est le plus facile à étudier; c'est aussi là que je l'ai observée pour la première fois.

Lorsqu'on sort de Nimes par la route qui conduit à Uzès en traversant le plateau de Féron, on voit sur la droite, après avoir dépassé les casernes d'Artillerie et le pont du Chemin de fer, les calcaires à lumachelles former la pente sud et le sommet du Mont-Cavalier; les calcaires à Criocères et les couches à Spatangues affleurent ensuite successivement le long de la route. Toutes ces couches plongent vers le Sud (voir la coupe I). Entre les kilomètres 3 et 4 de la route, par suite d'une ondulation, le plongement change de sens, et on parcourt de nouveau, en sens inverse, les couches qu'on vient de traverser. Au haut de la montée on est sur le calcaire à Criocères, et près des cantines de l'Artillerie on retrouve, plongeant d'environ 30° au Nord, les calcaires à lumachelles, qu'on reconnaît, bien qu'ils soient assez réduits sur ce point, à leur surface rocheuse et à leur structure subcristalline. On observe ensuite, recouvrant ces calcaires, les couches ci-après :

	Calcaire gris-clair marneux se délitant en plaquettes, partie supérieure du calcaire à lumachelles	20
A.	Marne grise, argileuse, et couches de calcaires marneux, avec *Echinospatagus argilaceus*, *Botriopygus obovatus*, *Ancyloceras Matheronianus*	50
B.	Calcaire jaunâtre assez compacte	60
C.	Marne argileuse formant le fond du vallon du mas de Seynes.	40
D.	Calcaire marneux noduleux et couches de marne intercalées.	10
	Calcaire jaune clair, compacte ou un peu marneux, subooli-thique, avec Térébratules et *Nemausina neocomiensis*, traversé dans la grande tranchée de la route	100
E.	Marne argileuse et calcaire marneux	55
	Calcaire à *Chama ammonia*, à la base duquel se trouve un banc compacte, rosé, avec *Ostrea aquila*	

Toutes ces couches se recouvrent successivement en stratification concordante et plongent au Nord de 25 à 30° en moyenne.

Cette coupe nous offre ainsi la série complète des couches

Digitized by Google

comprises entre le calcaire à lumachelles et le calcaire à *Chama*, système que nous désignons sous le nom de *Barutélien*.

En continuant vers Uzès, on marche sur le calcaire à *Chama*. et après avoir traversé le point culminant du plateau, on voit le calcaire, dont le plongement était au Nord, s'incliner bientôt vers le Sud. Et près de la maison du cantonnier les couches marneuses réapparaissent sous ce calcaire; on retrouve alors en sens inverse la série précédente, et, grâce aux déblais faits pour la rectification de la route, on peut étudier d'une manière plus complète la partie supérieure du système. Voici la coupe que j'ai relevée sur ce point, en descendant à partir des calcaires à *Chama*.

	Calcaire jaunâtre compacte, rosé dans les bancs inférieurs, base du calcaire à *Chama*.	
E.	Calcaire marneux jaunâtre, par couches irrégulières, avec marnes intercalées: *Rhynconella gibbsiana*, *Panopæa plicata*, *Echinospatagus argilaceus*, *Ostrea aquila*.....	2
	Marne argileuse jaunâtre, avec *Corbis corrugata*.....	3.50
	Marne noduleuse.....	4
	Marne grise argileuse.....	45
D.	Calcaire gris jaunâtre compacte ou marneux, avec couches de marne intercalées, à stratification peu régulière, *Nemausina neocomiensis*.....	4.50
	Marne grise noduleuse.....	6
	Calcaire comme le précédent.....	100
C.	Marne noduleuse et argileuse.....	30
	Calcaire gris compacte.....	2
	Marne jaune noduleuse, avec *Echinospatagus argilaceus*.	15
	Calcaire gris, noduleux assez compacte.....	0.60
	Marne grise argileuse, avec *Echinospatagus argilaceus*..	11
B.	Calcaire marneux jaune ou bleu, buttant par faille contre le calcaire à *Chama*, épaisseur visible, au moins.....	50

Toutes ces couches se succèdent régulièrement, avec un plongement Nord de 50° dans le haut et de 30° à la base.

Bien que cette coupe ne donne pas la série complete, puisque la partie inférieure disparaît dans une faille, nous remarquons

Digitized by Google

cependant qu'elle concorde bien avec la précédente et qu'elles accusent toutes deux, entre les calcaires à lumachelles et les calcaires à *Chama* :

A. Des marnes argileuses ou noduleuses sur 50 mètres environ d'épaisseur.
B. Une première assise calcaire d'environ 60 mètres de puissance.
C. Une nouvelle série de marnes sur 40 à 50 mètres.
D. Une seconde assise calcaire de 110 mètres d'épaisseur.
E. Une troisième série de marnes de 55 mètres d'épaisseur.
Ce qui donne à l'ensemble une puissance de 320 mètres.

Si, quittant la route d'Uzès, on se dirige vers l'Ouest, on voit ce système prendre encore plus de développement. Il s'étale, dans cette direction, sur toute la surface du plateau qui s'étend entre la route de Nimes à Sauve et le vallon du Mas de Thérond (voir la coupe II). Le chemin de fer d'Alais le traverse entre le Mas de Ponge et Fons, sur 6 kilom. de longueur. Près de là se trouvent les belles carrières de Barutel, qui ont fourni une grande partie de la pierre d'appareil des monuments romains de Nimes. Ces carrières exploitent le calcaire de l'assise supérieure, qui est sur ce point d'un grain serré et très homogène. — Au-delà, le système marno-calcaire se continue à l'Ouest jusque vers Montpezat, et dans la vallée de la Courme.

Du côté de l'Est, le Barutélien a aussi un grand développement. Le bas-fond de Cabrières et le vallon de Lédenon sont creusés dans cette zone, et on peut suivre son prolongement dans la plaine Doume, au-dessus d'Aramon. Sur ce point, il est réduit à ses couches inférieures, qui sont emprisonnées par des failles dans les calcaires cruasiens. Près du château des Issards et à Pont-d'Avignon, on voit ces couches inférieures recouvrant le calcaire à silex et à lumachelles [1]. Dans cette région, les couches marneuses du Barutélien ont été ravinées par les courants de la vallée du Rhône, et il en est résulté, entre autres accidents, la formation d'une vallée entre le calcaire à *Chama* du plateau de

[1] Voir la Note additionnelle.

Digitized by Google

Malmont, au-dessus de Rochefort, et le massif cruasien des Roches Castillonnes. Cette vallée a été remplie plus tard par les dépôts de la mer subapennine, et telle est l'origine de la bande tertiaire si remarquable qui s'étend en ligne droite de Fournès à Pujaut.

Non loin de là, à Tavel, on retrouve le Barutélien, dont les calcaires sont exploités comme pierre de taille. C'est dans ces couches que sont situés les magnifiques gisements de phosphate de chaux de cette localité. On le retrouve encore à Lirac et près de Saint-Victor-Lacoste, exploité comme pierre de taille et pour la fabrication de la chaux hydraulique. J'y ai recueilli l'*Ancyloceras Tabarelli.*

Partout, dans le reste du Gard et dans l'Ardèche, où on peut observer les couches inférieures au Calcaire à *Chama,* on voit que celui-ci repose sur le Barutélien. Les bas-fonds de Valvignières et de Belvézet, les vallons de Lussan et de Seynes, au pied du Serre de Bouquet, sont creusés dans les marnes de cette zone. Sur ce dernier point il a environ 120^{m} de puissance (voir la coupe III). Dans l'Ardèche, il forme sur le plateau de Saint-Remèze une bande marneuse qui s'étend de la Bastide-de-Virac jusqu'à Larnas.

Ces détails suffisent pour montrer qu'il ne s'agit pas ici d'un dépôt local et accidentel, mais d'un système qui a partout une grande puissance dans le Languedoc, et dont nous résumerons comme suit les caractères pétrographiques et paléontologiques.

Les marnes du Barutélien sont grises ou bleues et jaunissent à l'air. Elles sont le plus souvent noduleuses, et, même dans les parties où elles sont le plus argileuses, elles sont toujours grumeleuses, un peu sableuses et rudes au toucher. Elles se délitent en plaquettes irrégulières marbrées de gris et de jaune ocreux.

Dans certains bancs, elles prennent l'apparence des marnes à *Belemnites latus*, mais elles n'ont jamais la régularité de ces dernières et sont toujours entremêlées de nodules et de lits calcaires qui les en distinguent.

Les calcaires sont d'un jaune terreux vers la surface et bleu-clair dans la profondeur. Ils sont généralement noduleux, à pâte

Digitized by Google

plus ou moins compacte et souvent suboolithique ou finement grumeleuse. Ils offrent fréquemment des veines et des marbrures couleur lie de vin ou amaranthe, provenant d'infiltrations ferrugineuses. Cette particularité se remarque surtout dans les bancs exploités à Saint-Victor-Lacoste, et les rend susceptibles d'être utilisés comme marbre d'ornement.

En ajoutant aux fossiles cités plus haut ceux que j'ai recueillis sur d'autres points, nous obtenons la liste suivante :

Nautilus plicatus, Sow.
Ammonites difficilis, d'Orb.
Ancyloceras Matheronianus, d'Orb.
— *Tabarelli*, Astier.
Echinospatagus argilaceus, Phill. (*Toxaster Ricordeanus*, Cott.)
Botriopygus obovatus, Agassiz.
Ostrea aquila, d'Orb.
Corbis corrugata, d'Orb.
Panopæa plicata, Sow. (*P. Prevosti*, d'Orb).
Pinna Pouthieri, nobis[1].
Cyprina Saussuri (?), Brongn.
Venus....
Rhynconella gibbsiana, Sow. (*R. lata*, d'Orb.).
Rhynconella depressa, d'Orb.
Terebratula biplicata, Brocchi.
Serpula antiquata, Sow.
Nemausina neocomiensis, très commun.

Cette faune renferme un assez grand nombre d'espèces qui se retrouvent dans l'Aptien, mais les espèces les plus caractéristiques de cet étage y font encore défaut, et il n'est pas douteux que notre zone barutélienne n'appartienne à l'Urgonien.

III. — De l'*Urgonien supérieur* ou Donzérien.

La dernière assise de l'Urgonien du Languedoc est constituée par des calcaires compactes très puissants, et remplis de *Chama*

[1] Très grande espèce triangulaire, voisine du *Pinna Nepluni*, mais non arquée, dédiée à M. Pouthier, chef de section principal du chemin de fer, qui l'a trouvée à Euzet.

Digitized by Google

empâtés dans la roche et ordinairement impossibles à détacher.

Ainsi qu'on l'a vu par les coupes précédentes, la base de cette assise est formée par un calcaire blond, subcristallin, qui ressemble beaucoup au calcaire à lumachelles cruasien, mais dans lequel on trouve des *Chama*, ainsi que l'*Ostrea aquila*.

Au-dessus, les calcaires deviennent plus blancs, très cristallins, et se chargent de *Chama*. Sur certains points, ils deviennent crayeux et oolithiques, comme à Orgon, et donnent alors de belles pierres de taille. Ce faciès est susceptible de se développer à toutes les hauteurs de la masse, mais cependant plus communément dans les bancs supérieurs. On l'observe notamment au Serre-de-Bouquet et au Bois des Lens (Gard), à la montagne de la Serre (Ardèche), près de Bourg Saint-Andéol et à Saint-Martin d'Ardèche.

Mais le plus ordinairement le calcaire est compacte, rocheux, à cassure fragmentaire, et d'un aspect qui rappelle les couches massives et ruiniformes du Jurassique supérieur. Il est très souvent caverneux, et c'est dans cette assise que se trouvent les belles grottes de Vallon et de Saint-Martin.

Les fossiles qu'on y rencontre sont, d'après M. Émilien Dumas[1] :

Requienia (*Chama*) *ammonia*, Matth.
— — *carinata*, Math. (*Caprotina Lonsdalii*, d'Orb).
Caprotina trilobata, d'Orb.
Nerinea gigantea, d'Hombres-Firmas.
— *Archimedi*, d'Orb.
Pterocera...
Rhynconella Renauxiana, d'Orb.
Hemicidaris neocomiensis, Cott.
Encrines.
Polypiers, *Thamnastrea*, *Meandrina*, etc.

Je puis ajouter à cette liste les espèces suivantes que j'ai recueillies dans cette zone :

Gervilia anceps, Desh.
Rhynconella gibbsiana, Sow. (*R. lata*, d'Orb.).

---

[1] É. Dumas ; *loc. cit.*, pag. 332.

Digitized by Google

Terebratula faba, Sow.
— *sella*, Sow.

La puissance de ce calcaire peut être évaluée à 200^{m} dans le massif de Serre-de-Bouquet. Il présente au moins la même puissance dans les gorges du Gardon et dans les plateaux rocheux de l'Ardèche et du Gard, dont il constitue le couronnement sur de grandes étendues. C'est dans ce calcaire que le Gardon, l'Ardèche et la Cèze ont creusé les gorges profondes par lesquelles elles traversent le massif urgonien pour gagner le Rhône, et que ce fleuve lui-même a pratiqué, entre Viviers et Donzère, l'étroite coupure dite *Robinet de Donzère*, par laquelle il fait son entrée dans la région de l'olivier. Sur ce point, la puissance du calcaire à *Chama* est de 300^{m} au moins, et cet horizon ne peut y être confondu avec aucun autre du même étage, vu qu'il y existe seul. C'est ce qui nous a engagé à donner à cette zone le nom de *Donzérien*.

Ici se termine la série des couches de l'*Urgonien* du Languedoc, le calcaire à *Chama* donzérien étant recouvert par des calcaires marneux et des marnes à *Belemnites semicanaliculatus*, *Ammonites Dufrenoyi*, *Amm. fissicostatus*, etc., qui appartiennent évidemment à l'Aptien.

En récapitulant les faits stratigraphiques que nous venons d'exposer, nous résumerons dans le tableau suivant la composition de cet étage.

APTIEN.....		Marnes et calcaires à *Amm. Dufrenoyi*.	
URGONIEN (Néocomien supérieur.)	supérieur	Calcaire à *Chama*, puissance ..... 300^{m}	Donzérien
	moyen	Calcaire et marnes à *Echinospatagus argilaceus* (*Ricordeanus*)..... 200 à 300^{m}	Barutélien
	inférieur	Calcaire à silex et à lumachelles..... 200^{m}	Cruasien
		Calcaire à Criocères... 150^{m}	
NÉOCOMIEN.....		Calcaire marn. à *Echinospatagus cordiformis*.	

D'où il résulte que l'Urgonien atteint dans le Languedoc une

Digitized by Google

puissance totale d'au moins 800 mètres. Il ne le cède donc en rien sous ce rapport à l'Urgonien du Dauphiné et de la Provence.

IV. — Extension des zones languedociennes dans le Dauphiné et la Provence.

En raison de la puissance que nous avons reconnue aux trois zones urgoniennes du Languedoc et de l'uniformité remarquable que présente l'ensemble de l'étage dans tout le Gard et l'Ardèche, il est évident que leur présence ne saurait être limitée à la rive droite du Rhône, et que l'on doit trouver leur prolongement sur la rive gauche. Voyons ce qui se passe, à cet égard, pour chacune de nos subdivisions, d'après les faits constatés jusqu'à présent.

Cruasien. — Ainsi que nous l'avons vu, le Cruasien comprend deux assises, dont l'inférieure répond évidemment au *Calcaire à Criocères* de M. Lory. Cet éminent géologue a en outre signalé, à la partie supérieure des Calcaires à Criocères, des couches à lumachelles alternant avec ces calcaires[1]. Le Cruasien est donc bien représenté dans le Dauphiné, et sa composition semble y être très analogue à celle qu'il a dans le Languedoc.

Dans le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône, le Cruasien se retrouve dans les couches comprises entre la zone à *Echinospatagus cordiformis* et les calcaires crayeux à *Chama* d'Orgon, couches qui comprennent, comme sur la rive droite du Rhône, des calcaires compactes à Céphalopodes et des calcaires à lumachelles, et dont M. Leymerie a fait son *calcaire provençal*[2].

Il paraît correspondre aussi aux couches de Barrème à Criocères et à *Scaphytes Yvani*, désignées par M. Coquand sous le nom de *Barrémien*; mais comme ces couches supportent directement l'Aptien, elles paraissent jouer un rôle différent dans la série stratigraphique, et des recherches ultérieures me paraissent né-

---

[1] Ch. Lory ; *Description géologique du Dauphiné*, § 168.

[2] A. Leymerie ; *Éléments de géologie*, pag. 410.

Digitized by Google

cessaires pour décider s'il y a équivalence complète entre le Cruasien et le Barrémien. Dans ce cas, le Barutélien et le Donzérien manqueraient dans les Basses-Alpes.

Barutélien et Donzérien. — Les roches de Donzère se relient évidemment avec les calcaires du Dauphiné que M. Lory a si bien décrits sous le nom de *Calcaires à Caprotines* [1], et il ne paraît pas impossible que les *Marnes à Orbitolines* intercalées dans ces calcaires ne soient le prolongement de notre Barutélien.

Mais c'est surtout dans le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône que ces deux zones doivent être représentées, et je pense qu'on pourra les y retrouver assez facilement. Je crois même déjà pouvoir donner comme très probable leur existence dans la région d'Orgon.

En effet, les calcaires crayeux à *Chama*, qui dans cette localité recouvrent directement les calcaires à lumachelles, ne terminent nullement l'Urgonien, ainsi qu'il résulterait de la coupe donnée par M. Renaux et reproduite par M. É. Dumas dans sa belle *Statistique géologique du Gard*. Il est facile de constater au contraire que cette assise crayeuse est recouverte par un système marno-calcaire très puissant, où les fossiles paraissent être fort rares, mais qui, par sa pétrographie, rappelle tout à fait les couches de Barutel : ce sont les mêmes alternances de marnes noduleuses jaunes ou grises, et de calcaires noduleux compactes ou marneux; on reconnaît même dans la masse, comme aux environs de Nimes, deux assises principales de calcaire intercalées dans les marnes. Ces couches affleurent entre Orgon et Cavaillon sur une longueur de 2 kil. 1/2, avec un pendage vers l'Ouest de 10° en moyenne, ce qui leur donne une puissance de plus de 400 mètres. — Près de Cavaillon, elles disparaissent sous les alluvions de la Durance, mais un peu plus loin se dresse, dans la même direction, le rocher isolé au pied duquel est bâtie cette ville. Or, on reconnaît que ses bancs, riches en *Chama*, présentent le même pendage et la même inclinaison que le système précé-

[1] Ch. Lory ; *loc. cit.*, §§ 165 à 168.

Digitized by Google

dent. Il paraît, par suite, *très probable* qu'il y a continuité souterraine dans les couches, et que ce rocher n'est autre qu'un témoin, respecté par les érosions, de la zone donzérienne du Languedoc, dont il a d'ailleurs la structure compacte et cristalline, tandis qu'il ne ressemble en rien au calcaire crayeux d'Orgon.

Il y aurait ainsi, dans cette région, deux horizons à *Chama* : l'un formé par les couches crayeuses couronnant les calcaires à lumachelles d'Orgon, et se rattachant au Cruasien ; l'autre beaucoup plus puissant, formé par le calcaire compacte de Cavaillon, prolongement du Donzérien. Le système marno-calcaire intermédiaire représenterait alors le Barutélien.

La série des couches urgoniennes serait ainsi encore plus complète ici que dans le Languedoc, où l'on ne trouve nulle part de couches à *Chama* recouvrant directement les calcaires à lumachelle.

Je suis porté à croire que des observations ultérieures confirmeront ces indications et qu'on trouvera, soit dans la région du Mont-Ventoux, soit dans les environs de Marseille, une coupe plus complète qui fournira cette confirmation; je rappellerai, en attendant, que M. Coquand, contredit, il est vrai, par M. Hébert, a soutenu l'existence de deux horizons de calcaires à *Chama* dans les environs de Marseille.

Nimes, le 4 août 1882.

NOTE ADDITIONNELLE.

(Voir pag. 101).

M. Toucas, qui a observé ces couches près du château des Issards [1], les place à la base des calcaires compactes qui longent le Rhône et qui appartiennent au Cruasien : il y a là une erreur, probablement matérielle, de notre savant confrère. Il est facile de voir, en effet, dans la tranchée du chemin de fer, que ces couches marneuses recouvrent lesdits calcaires, et si, sous le château, elles paraissent leur être inférieures, c'est par l'effet d'une faille bien visible qui a redressé ces calcaires et contre laquelle les couches marneuses sont plaquées.

[1] Toucas ; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 3e série, IV, pag. 316.

Digitized by Google

CLASSIFICATION
DES
CYSTIQUES DES TÉNIAS

Fondée sur les divers modes de formation de la vésicule caudale

Par M. A. VILLOT.

PREMIER GROUPE.

Cystiques dont la vésicule caudale procède du Proscolex par simple accroissement et modification de structure, sans qu'il y ait, à proprement parler, production d'une partie nouvelle.

Ce groupe correspond aux « Blasenwurmer » de Leuckart et doit être considéré comme représentant, parmi les Cystiques des Ténias, un degré supérieur d'organisation. Indépendamment de leur hydropisie plus ou moins marquée et du développement relatif de leur vésicule caudale, dont on s'est servi jusqu'ici pour les distinguer, les Cystiques composant ce premier groupe ont ordinairement une enveloppe adventice fournie par leur hôte. Celui-ci est toujours un animal appartenant à l'embranchement des Vertébrés (Mammifères, Oiseaux, Reptiles ou Poissons).

Genre Cysticerque (*Cysticercus*).

Le nom de Cysticerque, proposé par Zeder pour désigner l'ensemble des Cystiques monocéphales, n'a plus aujourd'hui de sens précis. Leuckart le donne indifféremment à ses Cysticerques proprement dits et à ses Cysticercoïdes. Moniez l'applique à tous les Cystiques des Ténias et même à tous les états asexués des Cestoïdes. Ce défaut de précision dans la nomenclature ne nous paraît pas sans inconvénient. Aussi pensons-nous qu'on doit réserver le nom de *Cysticercus* aux Cysticerques proprement dits de Leuckart, qui forment notre premier genre. Les Cysticerques sont des Cystiques monosomatiques et monocéphales, non proli-

Digitized by Google

fères ou exceptionnellement prolifères. Leur prolifération, lorsqu'on l'observe, n'affecte jamais que la vésicule caudale. Le genre Cysticerque, ainsi défini, doit comprendre les espèces inscrites par Diesing sous les noms de *Cysticercus* et de *Piestocystis*. Nous lui rapportons aussi les deux Gryporhynchus décrits par Nordman et Aubert.

Nous citerons seulement, à titre d'exemples :

Cysticercus cellulosæ, larve du *Tænia solium ;*
Cysticercus bovis, larve du *Tænia saginata* (*mediocanellata*);
Cysticercus tarandi, larve du *Tænia Krabbei ;*
Cysticercus tenuicollis, larve du *Tænia marginata ;*
Cysticercus pisiformis, larve du *Tænia serrata ;*
Cysticercus fasciolaris, larve du *Tænia crassicollis ;*
Cysticercus longicollis, larve du *Tænia crassiceps ;*
Cysticercus talpæ, larve du *Tænia tenuicollis ;*
Cysticercus dithyridium, larve du *Tænia perlata.*

Genre Cœnure (*Cœnurus*).

Le groupe des Cœnures, tel que nous l'admettons, correspond exactement au genre *Cœnurus*, proposé par Rudolphi. Les Cœnures sont, pour la structure comme pour le développement, des Cystiques très voisins des Cysticerques ; mais ils diffèrent de ces derniers par une particularité importante : ce sont des Cystiques polysomatiques. Nous disons « polysomatiques » et non « polycéphales », car chacun des corps produits en grand nombre par la vésicule caudale d'un Cœnure ne porte jamais qu'une tête. C'est là un fait qui justifie pleinement le démembrement du genre *Polycephalus* de Zeder, et sur lequel nous croyons devoir insister, car sa signification ne paraît pas avoir été comprise par les auteurs. Indépendamment de ce mode de prolifération, qui porte sur le corps et qui est caractéristique du genre, les Cœnures nous en offrent un autre, qui est beaucoup moins constant. La vésicule caudale d'un Cœnure peut en effet, comme celle d'un Cysticerque, produire par bourgeonnement exogène d'autres vésicules caudales.

Digitized by Google

Le genre *Cœnurus* ne renferme encore qu'un petit nombre d'espèces, très imparfaitement décrites pour la plupart. La mieux connue est le *Cœnurus cerebralis*, qui vit dans le cerveau de diverses espèces de Ruminants et qui devient *Tænia cœnurus* dans l'intestin du Chien.

Genre Échinocoque (*Echinococcus*).

Les Cystiques réunis par Rudolphi sous la dénomination générique d'Échinocoques diffèrent beaucoup moins des Cœnures et des Cysticerques qu'on ne l'a cru jusqu'ici ; mais il existe entre les uns et les autres des différences caractéristiques qui ne permettent pas de confondre ces trois genres. Nous avons dit que les Cysticerques sont des Cystiques monosomatiques et monocéphales ; les Cœnures, des Cystiques polysomatiques et monocéphales. Les Échinocoques sont des Cystiques à la fois polysomatiques et polycéphales. Leur vésicule caudale (vésicule mère) produit par bourgeonnement de nombreux corps (vésicules proligères), et ceux-ci portent de nombreuses têtes. Les Échinocoques sont, en réalité, les seuls Cystiques vraiment polycéphales. Aussi Rudolphi aurait-il pu conserver pour elles la dénomination générique de *Polycephalus*, créée par Zeder. La multiplication de l'individu ne porte pas seulement, chez l'Échinocoque, sur la tête et le corps ; elle peut aussi, comme chez les Cœnures et les Cysticerques, affecter la vésicule caudale. Celle-ci produit alors par bourgeonnement, exogène ou endogène, des vésicules secondaires (Tochterblasen), qui bourgeonnent elles-mêmes de nombreuses vésicules proligères et de nombreuses têtes. Bien plus, des vésicules secondaires peuvent, à leur tour, produire des vésicules tertiaires (Enkelblasen), qui se comporteront comme la première et les secondes.

On ne connaît encore bien positivement qu'une espèce d'Échinocoque, l'*Echinococcus polymorphus* de Diesing, qui est parasite de l'Homme et d'un grand nombre d'autres Mammifères, et qui se transforme en *Tænia echinococcus* dans l'intestin du Chien.

Digitized by Google

Les Échinocoques désignés par les auteurs sous les noms d'*Echinococcus scoleciparіens*, d'*Echinococcus altriciparіens*, d'*Echinococcus multilocularis*, ne représentent en réalité ni des espèces ni même des variétés, comme on l'a dit, mais bien des phases diverses du développement de l'*Echinococcus polymorphus*.

DEUXIÈME GROUPE.

Cystiques dont la vésicule caudale se forme par bourgeonnement du Proscolex, c'est-à-dire par adjonction d'une partie nouvelle.

Ce deuxième groupe correspond aux « Cystercoïden » de Leuckart et aux « Platycercen » de Küchenmeister. Ce sont des Cystiques qui se distinguent, à première vue, de ceux du premier groupe par une différenciation moindre de leurs tissus, et cette simplicité relative de leur organisation a fait méconnaître jusqu'ici leurs véritables homologies. On observe chez eux, non-seulement une *tête*, un *corps* et une *vésicule caudale*, comme chez les Cystiques de notre premier groupe, mais encore une quatrième partie, qui leur est propre et que nous désignons sous le nom de *blastogène*. La tête représente à elle seule le futur Scolex. Le corps et la vésicule caudale sont des parties propres au Cystique. Quant au blastogène, il représente le Proscolex, qui conserve ici son autonomie. Tous les Cystiques de notre second groupe sont parasites des Invertébrés. Ils se logent dans les tissus ou dans la cavité du corps de leur hôte ; mais celui-ci ne leur fournit pas d'enveloppe protectrice.

PREMIÈRE SECTION.

Cystiques dont la vésicule caudale se forme par bourgeonnement endogène.

La tête des Cystiques appartenant à cette première section est enveloppée non-seulement par le corps et la vésicule caudale, mais encore par le blastogène.

Genre Polycerque (*Polycercus*).

Le nouveau genre que nous proposons sous ce nom a pour

Digitized by Google

type le Cystique du Lombric (*Lumbricus terrestris*), découvert à Odessa par Mecznikoff et rapporté à tort au genre *Echinococcus*. Chez les Polycerques, le blastogène ne se borne pas à la production d'une seule vésicule caudale ; il se forme ordinairement une douzaine de vésicules caudales dans son intérieur, et chacune de ces vésicules contient elle-même un corps et une tête. Le Cystique du Lombric n'est, en réalité, ni polycéphale ni polysomatique, mais bien *polycerque*. L'Échinocoque, au contraire, est un Cystique polycéphale, polysomatique et monocerque. Les ressemblances sur lesquelles on s'est fondé pour rattacher les deux formes à un seul et même genre se réduisent en définitive à de simples analogies, qui ne portent pas sur des parties homologues.

Le genre Polycerque ne comprend encore qu'une seule espèce que nous désignerons sous le nom de *Polycercus lumbrici*. Le Polycerque du Lombric est, d'après Leuckart, la larve du *Tænia nilotica*, qui vit dans l'intestin du Courevite isabelle (*Cursor europeus*).

Genre Monocerque (*Monocercus*).

Les Cystiques qui ont le plus d'affinités avec les Polycerques sont ceux que nous désignons sous le nom générique de *Monocercus*. Pour concevoir le type de ce nouveau genre, il suffit de se représenter un Polycerque dont le blastogène, au lieu de bourgeonner de nombreuses vésicules caudales, n'en produirait qu'*une*. Les Monocerques sont, en quelque sorte, des Polycerques non prolifères, la prolifération ou la non-prolifération étant ici, comme en bien d'autres cas, le seul caractère que l'on puisse faire valoir pour distinguer les genres.

Le Cystique de l'Arion, découvert par von Siebold et désigné par les auteurs sous le nom de *Cysticercus arionis* ou de *Scolex commutatus*, est un monocerque, *Monocercus arionis*, qui devient *Tænia arionis* dans l'intestin du *Totanus hypoleucos*. Une autre espèce très voisine du Cystique de l'Arion, et que j'ai décrite

Digitized by Google

sous le nom provisoire de *Cysticercus glomeridis*, doit aussi prendre place dans le genre Monocerque; elle portera désormais le nom de *Monocercus glomeridis*. Je serais tenté de rattacher encore au genre Monocerque : 1° le Cystique signalé par Leuckart dans le foie du *Lymnæus pereger* et rapporté, d'après son armature céphalique, au *Tænia microsoma* du Canard ; 2° le Cystique décrit par Ratzel sous le nom de *Cysticercus lumbriculi*, qui est très probablement la larve du *Tænia crassirostris*, parasite ordinaire des Bécassines, des Chevaliers et des Pluviers.

DEUXIÈME SECTION.

Cystiques dont la vésicule caudale se forme par bourgeonnement exogène.

La tête des Cystiques appartenant à cette deuxième section n'est enveloppée que par le corps et la vésicule caudale.

Genre Cercocyste (*Cercocystis*).

Nous proposons de désigner sous cette dénomination générique les Cystiques non prolifères, dont le blastogène, après avoir bourgeonné la vésicule caudale, reste adhérent à cette vésicule et lui forme une sorte d'*appendice caudal*.

La seule et unique espèce que l'on puisse actuellement rapporter à ce genre est le Cystique découvert par Stein dans la larve du *Tenebrio molitor*. Cette curieuse espèce, qui paraît très rare, figure dans nos catalogues sous le nom de *Cysticercus tenebrionis* ou de *Scolex decipiens* ; elle devra maintenant porter le nom de *Cercocystis tenebrionis*. Autant que j'en puis juger par les dessins de Stein et par les mœurs de la larve du *Tenebrio molitor*, le Cercocyste du Ténébrion doit être la larve du *Tænia microstoma*, découvert par Dujardin dans l'intestin de la Souris (*Mus musculus*).

Genre Staphylocyste (*Staphylocystis*).

Les Cystiques que j'ai décrits sous ce nom en 1877, dans mon Mémoire sur les migrations et les métamorphoses des Ténias des

Digitized by Google

Musaraignes, ont beaucoup d'affinités avec les Cercocystes ; mais ils nous offrent la particularité d'être constamment prolifères. Leur blastogène bourgeonne de nombreuses vésicules caudales, et celles-ci, restant adhérentes les unes aux autres par leur base, forment une colonie en *grappe*. Est-il besoin d'ajouter, pour répondre à quelques critiques qui m'ont été adressées au sujet de la création de ce nouveau genre, que les Staphylocystes ne sont pas des Cysticerques prolifères, bien qu'ils soient des Cystiques monosomatiques et monocéphales ? Ils ne sont pas non plus les seuls Cystiques qui forment des colonies en grappe. Ces caractères, qui pourraient rapprocher les Staphylocystes de certaines formes appartenant aux genres *Cysticercus*, *Cœnurus* et *Echinococcus*, n'ont dans ma classification qu'un rang secondaire ; ils ne sauraient, par conséquent, mettre en question l'autonomie du groupe que j'ai établi sous le nom de *Staphylocystis*.

Le genre Staphylocyste est actuellement représenté par deux espèces que j'ai décrites et figurées, en 1877, sous les noms de *Staphylocystis bilarius* et de *Staphylocystis micracanthus*. Toutes deux sont parasites du *Glomeris limbatus* et vivent dans le tissu adipeux qui entoure les tubes de Malpighi de leur hôte. Elles passent à l'état de Scolex, de Strobile et de Proglottis dans l'intestin des Musaraignes terrestres. Le *Staphylocystis micracanthus* est la larve du *Tænia pistillum*. Le *Staphylocystis bilarius* est très probablement la larve du *Tænia scalaris*, Ces deux Ténias sont parasites du *Sorex araneus*.

Genre Urocyste (*Urocystis*).

Les Urocystes ont des affinités évidentes avec les Cercocystes et les Staphylocystes, mais ils n'en doivent pas moins, en raison de leurs caractères propres, former un nouveau genre. L'Urocyste est essentiellement caractérisé par son mode de prolifération. Ses bourgeons, au lieu de se développer simultanément et de rester adhérents les uns aux autres, comme chez les Staphylo-

Digitized by Google

cystes, se développent successivement, *en série linéaire*, et se détachent dès qu'ils sont parvenus à maturité. Aussi une colonie d'Urocystes ne se compose-t-elle ordinairement que de deux individus placés à la suite l'un de l'autre : un Cystique plus ou moins développé en tête, et un bourgeon représentant le blastogène sous forme d'*appendice caudal*.

On ne connaît malheureusement de ce genre qu'une seule espèce, que j'ai découverte en 1880 et à laquelle j'ai donné le nom d'*Urocystis prolifer*. Elle est rare. Je ne l'ai observée qu'une seule fois, dans un *Glomeris limbatus* recueilli à la Grande-Chartreuse. Les métamorphoses ultérieures de cette larve microscopique me sont inconnues et n'ont probablement pas encore été décrites ; mais on sait dès à présent que le Scolex, qui doit figurer en tête du Strobile, possède une longue trompe invaginée dans le fourreau du bulbe, et une couronne simple de très petits crochets. Quant à l'hôte définitif, Mammifère ou Oiseau, il appartient certainement à la faune alpestre.

Genre Cryptocyste (*Cryptocystis*).

Les Cystiques pour lesquels je propose le nom générique de *Cryptocystis* ressemblent tout particulièrement aux Urocystes par la simplicité relative de leur organisation et par ce caractère important qu'ils se séparent du blastogène dès qu'ils parviennent à maturité ; mais ils ne sont pas prolifères comme les Urocystes.

Le seul et unique représentant de ce genre est le curieux Cystique découvert par Mecznikoff dans la cavité viscérale du *Trichodectes canis*. Quoi qu'on en ait dit, le Cystique du Trichodecte n'est point dépourvu de corps et de vésicule caudale, et il ne correspond nullement, comme on l'a cru jusqu'ici, à une *tête* d'Échinocoque. Le corps et la vésicule caudale, réduits à l'état d'une simple membrane et en contact immédiat avec la tête, ont été pris par les descripteurs pour une cuticule. Il est vrai que chez le Cystique du Trichodecte, de même que chez l'Échinocoque, il existe un cou développé dans lequel la tête proprement

Digitized by Google

dite s'invagine ; mais le Cystique du Trichodecte n'a pas, comme l'Échinocoque, sa trompe invaginée dans le bulbe et les crochets ne sont pas renversés. Les caractères spécifiques fournis par l'armature céphalique ne laissent aucun doute sur la destinée de ce Cystique. Le *Cryptocystis trichodectis* est la larve du *Tænia cucumerina*, qui vit dans l'intestin du Chat, du Chien et de l'Homme (pendant l'enfance).

Cette classification, que je soumets à l'appréciation des Helminthologistes, me paraît avoir plusieurs avantages sur celles qui ont été proposées jusqu'ici. Elle met en relief le fait, généralement méconnu, de la pluralité des types chez les Cystiques des Ténias. Elle groupe de la manière la plus naturelle les formes les mieux connues. Elle éclaire d'un nouveau jour les affinités de ces diverses formes, et donne une base rationnelle à la détermination de chacune de leurs parties constituantes.

Grenoble, le 11 août 1882.

Digitized by Google

REVUE SCIENTIFIQUE.

Zoologie.

Physiologie des nerfs et des muscles, par M. Ch. Richet. 1 vol. in-8. Germer-Baillière ; Paris, 1882.

M. Ch. Richet vient de faire paraître un livre, la *Physiologie des nerfs et des muscles*, où l'étudiant trouvera amplement exposés tous les renseignements que la science possède actuellement sur ce sujet si délicat, le plus délicat et le plus ardu assurément de toute la Physiologie. C'est un traité complet sur la matière, que chacun consultera avec fruit. Mais ce n'est pas à ce titre que nous le signalons aux lecteurs de la *Revue*. Si nous nous étendons un peu sur son compte, c'est que, en même temps qu'un ouvrage d'enseignement, ce livre est un véritable recueil de Mémoires originaux. — Il ne renferme presque pas de chapitre où l'auteur n'ait pas eu à rendre compte de ses propres recherches. Aussi croyons-nous devoir résumer quelques-unes des leçons qui lui appartiennent le plus en propre.

Après une entrée en matière consacrée à la physiologie générale de la cellule, et dans laquelle on s'attache à montrer que les propriétés contractiles du muscle existent déjà, bien qu'à un moindre degré, dans toute cellule vivante, nous arrivons au chapitre de la contraction musculaire.

De nombreux travaux ont été faits sur ce sujet. L'auteur a particulièrement étudié les phénomènes de la contraction dans les muscles de la pince de l'écrevisse. Comme on sait, il y a trois éléments à considérer dans la contraction simple :

La période qui s'écoule entre l'excitation et le début de la secousse, ou période latente;

La période d'ascension du muscle ;

La période de descente.

La force d'excitation, à mesure qu'elle s'accroît, rend le temps perdu plus petit. Néanmoins sa durée ne paraît pas diminuer au delà de 0,0006 de seconde sur un muscle normal.

La fatigue augmente la période latente ; le poids tendant le muscle augmente cette même période ; la chaleur la diminue ; le froid l'augmente.

Le temps perdu est extrêmement diminué pour une secousse ve-

Digitized by Google

nant après une ou plusieurs autres, qui, si elles n'ont pas produit d'effet visible, ont augmenté l'excitabilité. Il tend vers un minimum de 0,002. — La méthode employée par M. Richet, et consistant à ébranler le muscle par plusieurs secousses successives, est celle qui permet le mieux d'apprécier le minimum possible de la période latente. Le chiffre de 0,002 obtenu ainsi diffère beaucoup du minimum de 0,01, généralement admis (Richet).

Chez les animaux à sang chaud, le temps perdu est voisin de 0,007; chez la grenouille et l'écrevisse 0,008; chez la tortue 0,02; chez le limaçon 0,3.

La contraction est d'autant plus prolongée que l'intensité de l'excitation est plus grande.

La durée de la période de descente est très variable suivant l'état du muscle et très difficile à mesurer exactement.

Si l'on excite le muscle avec de très forts courants d'induction, le relâchement consécutif à la contraction se fait en deux périodes : une de relâchement brusque et une de relâchement lent ou contracture (Richet).

Si l'on excite très fortement, par des courants d'une certaine fréquence, un muscle tendu par un poids léger, il y aura une série de secousses plus ou moins fusionnées. Le muscle ensuite se relâchera, mais pour se contracter de nouveau spontanément et par saccades ou ondées, de manière à regagner à peu près son premier niveau; puis il se relâchera définitivement. C'est le phénomène de l'onde secondaire (Richet).

Les différents muscles d'un même animal ont chacun sa forme de contraction. La contraction des muscles lisses est très lente.

Si l'on excite le muscle par deux excitations égales et très rapprochées, on obtiendra une secousse totale qui sera près de vingt fois plus élevée que celle qui aurait été produite par chaque excitation séparément.

Des excitations successives augmentent l'excitabilité du muscle.

Un courant faible, même s'il n'a pas provoqué de secousse, rend le muscle apte à donner peu après une secousse plus forte sans une excitation plus forte. C'est ce qu'on appelle l'addition latente.

Quand les excitations sont assez fréquentes pour ne pas donner le temps au muscle de se relâcher, il y a tétanos. Il faut quarante excitations par seconde pour produire chez l'homme le tétanos des muscles striés; deux suffisent pour les muscles lisses, quarante pour le muscle caudal de l'écrevisse en été, vingt pour le muscle de la pince.

Le tétanos du muscle caudal ne peut se prolonger longtemps. Après

Digitized by Google

une cinquantaine de contractions, le muscle s'épuise, se relâche, et au bout de moins d'une minute il n'est plus excitable.

Au contraire, le tétanos du muscle de la pince peut n'atteindre son maximum qu'au bout d'une minute et durer presque indéfiniment. Le relâchement finit par n'avoir plus lieu, et le tétanos fait place à la rigidité cadavérique.

Si l'on prend des excitations faibles et très fréquentes, on peut obtenir un tétanos rythmique composé d'ascensions et descentes successives et régulières.

Un muscle qui se contracte vibre à raison de 36 à 40 vibrations par seconde.

La tension du muscle par un poids modifie beaucoup la forme de la contraction et peut même l'annuler : il y a alors contraction latente.

La contractilité du muscle n'est peut-être qu'un changement d'élasticité.

La tonicité n'est qu'une diminution de son extensibilité sous une influence nerveuse.

L'irritabilité est inhérente à la fibre musculaire. Elle persiste quand les nerfs sont morts, quand la circulation a cessé, quand toute trace de sang a été expulsée — tant que le muscle vit. — Elle disparaît quand, sous l'influence de l'absence de nutrition et de l'accumulation des produits d'altération, le muscle meurt. — Le temps nécessaire pour amener cette mort du muscle varie beaucoup.

La mort du muscle est caractérisée à son début par la rigidité cadavérique. Ce phénomène est dû à la coagulation de la myosine. La rigidité cadavérique n'est pas toujours facile à distinguer de la convulsion du tétanos et de l'état cataleptique. Cependant, dans le premier cas, le stéthoscope révélera le bruit musculaire, et dans le second des courants électriques provoqueront des contractions.

M. Richet consacre un certain nombre de chapitres à l'étude de la constitution chimique des muscles, des phénomènes chimiques, thermiques et électriques de la contraction, tels que la variation négative.

Le muscle, pendant sa contraction, produit de l'acide carbonique, absorbe de l'oxygène, et par conséquent il se fait au moment de la contraction un dégagement de force qui se traduit par un travail extérieur mécanique et de la chaleur.

L'appareil musculaire est non seulement l'appareil du travail mécanique extérieur, mais encore l'appareil de la calorification, quoique tous les autres tissus puissent, mais à un moindre degré, produire de la chaleur.

Digitized by Google

L'auteur insiste sur les rapports très frappants qui existent entre les muscles et les appareils électriques de certains poissons, appareils qui, comme le muscle, répondent à une excitation nerveuse, et dans lesquels on observe des phénomènes analogues à la période latente. Il termine la partie de son Traité relative aux muscles par l'examen des données que peut fournir à la physiologie la pathologie des muscles.

Passant ensuite à l'étude du système nerveux au point de vue de l'histoire et de l'anatomie générale, il compare le nerf au muscle, définit la vibration nerveuse, et décrit les procédés dont on s'est servi pour mesurer l'ondée nerveuse.

On sait que la vitesse de l'influx nerveux, dans les nerfs moteurs, est environ de 30 à 35 mètres chez les animaux à sang chaud. Dans les nerfs sensitifs, elle paraît atteindre 50 à 55 mètres.

La compression du nerf retarde notablement la transmission. La transmission est également très lente chez les ataxiques.

Comme le muscle, le nerf est irritable et son irritabilité propre ne cesse que par sa mort. Cette mort du nerf survient beaucoup plus vite que celle du muscle. Au bout de 20 à 30 minutes, chez un animal à sang chaud, un nerf privé de sang cesse de fonctionner.

Les excitants du nerf, comme ceux du muscle, sont toutes les forces qui modifient son état.

Il y a des excitants électriques, thermiques, mécaniques et chimiques en dehors de la volonté.

Vient ensuite l'examen des actions réflexes et du rôle de la moelle dans ces phénomènes. Les lois de localisation, d'irradiation et de coordination sont exposées. Les réflexes semblent être appropriés à un but, comme la défense ou la conservation ; l'occlusion des paupières, la toux expulsive, le vomissement, en sont des exemples. Si, sur le dos d'une grenouille décapitée, on dépose une goutte d'acide acétique, l'animal fera avec sa patte des mouvements tels qu'il semblera vouloir se débarrasser de la substance qui l'irrite. Si on place cette goutte d'acide sur le haut de la cuisse, le membre postérieur correspondant se fléchit de manière à venir frotter le point irrité. Si avant de renouveler l'irritation on ampute le pied, l'animal recommence à faire les mêmes mouvements ; mais, comme s'il se rendait compte que son but ne peut plus être atteint avec ce membre, il se sert de celui du côté opposé. Ces expériences de M. Pflüger semblent prouver qu'il y a encore beaucoup à faire pour expliquer l'action réflexe.

Les réflexes sont ensuite étudiés en particulier dans leurs différentes formes, puis l'irritabilité cérébrale.

Digitized by Google

La substance grise du cerveau est probablement excitable par l'électricité, alors que les agents mécaniques et divers sont inefficaces ou à peine efficaces.

M. Richet a entrepris d'étudier les résultats de ce qu'il appelle l'excitation ganglio-musculaire, c'est-à-dire l'excitation simultanée du nerf moteur et du centre nerveux ; il a constaté ce fait que l'excitation simultanée du cerveau diminue l'excitabilité du nerf et du muscle,— seulement la secousse est prolongée. — Ce fait fournit une explication du phénomène de l'addition latente, car si une première excitation détermine de la part de la cellule nerveuse une réaction prolongée, une seconde excitation trouvera uu organe dont l'excitabilité est tout autre qu'au début et se superposera à la première.

La réponse des centres nerveux à l'excitation est prolongée et dure près de deux ou trois secondes, alors que la réponse du muscle ou du nerf ne dure que deux ou trois dixièmes de seconde.

La dernière leçon est consacrée à la comparaison des nerfs et des muscles, surtout au point de vue de l'irritabilité.

Tous les éléments vivants, muscles, nerfs, cellules, sont irritables, c'est-à-dire qu'ils réagissent d'une certaine manière sous l'action des excitations extérieures. Pour les nerfs et pour les muscles, les conditions de cette irritabilité présentent des ressemblances frappantes : non seulement on observe dans les deux cas des phénomènes semblables, tels que le retentissement prolongé, mais ils se comportent de même, par exemple, vis à vis des poisons. Au début, il y a accroissement d'irritabilité, puis diminution, puis extinction. L'état de santé ou de stabilité des tissus ne répond pas à leur maximum d'excitabilité. L'hyperexcitabilité est le premier phénomène de la mort.

Entre les muscles, les nerfs, les extrémités nerveuses périphériques et les centres nerveux, il existe une sorte de hiérarchie ; sous l'influence de l'anémie, les derniers meurent avant les premiers.

Enfin, après quelques considérations sur l'énergie latente que renferment les organismes vivants, M. Richet conclut d'ailleurs, avec la majorité des physiologistes de l'école moderne, en donnant raison à Descartes contre La Fontaine et en déclarant que la bête est une machine.

The genesis of the egg in Triton, par M. T. Iwakawa. (*Quart. Journ. micr. Science*, XXII, pag. 260-278, pl. XXII, XXIV.)

La formation de l'œuf par l'épithélium germinatif, telle qu'elle a été fait connaître par Waldeyer, a été récemment décrite d'une manière

Digitized by Google

un peu différente par quelques auteurs, et certains même, comme Nussbaum, non contents de nier l'existence des îlots d'épithélium germinatif, refusent aux œufs une origine épithéliale.

M. Iwakawa a repris la question en cherchant à suivre l'ovogénèse chez le Triton adulte. Ses observations ont porté sur le *Triton pyrhogaster* du Japon.

Les ovaires du Triton ont, comme chacun le sait, la forme de sacs atténués vers les extrémités dans la cavité desquels font plus ou moins saillie les œufs à divers états de développement. La paroi est constituée par trois couches : en dehors par l'épithélium germinatif formé de grandes cellules hexagonales à gros noyau elliptique de $0^{mm},023$ sur $0^{mm},016$, puis un stroma conjonctif, et en dedans un épithélium de revêtement à grandes cellules allongées, à contour ondulé avec des noyaux elliptiques un peu plus grands que ceux de l'épithélium germinatif.

L'épithélium germinatif est partout continu et ne présente nulle part aucune interruption; mais il est loin d'être uniforme, et l'on reconnaît épars çà et là des points sur lesquels les cellules sont beaucoup plus petites que partout ailleurs. Sur les coupes, on constate que dans ces points l'épithélium est plus épais, les cellules plus serrées, chevauchant même les unes sur les autres. C'est dans ces points que vont se former ou que viennent de se former les jeunes œufs qui dérivent bien réellement, par formation endogène, de l'épithélium germinatif.

A cet effet, le noyau de l'une des petites cellules épithéliales se divise; l'un des deux noyaux reste semblable aux noyaux voisins produits, tandis que l'autre devient un centre d'attraction pour une partie du protoplasma de la cellule mère qui s'accumule à l'entour et lui forme un corps cellulaire. La cellule ainsi constituée est la celulle-germe[1]. Elle augmente de volume, repoussant le noyau sœur, qui devient concavo-convexe, et vient à faire hernie au dehors de la cellule mère et au-dessous des cellules épithéliales voisines ; elle se dégage enfin complètement de la cellule mère.

La cellule-germe ainsi formée est entièrement dépourvue de membrane. Les cellules épithéliales voisines se groupent autour d'elle et lui font un revêtement ; comme leurs caractères ne diffèrent en rien des cellules des jeunes follicules, il paraît probable qu'elles constituent le follicule. Dans quelques cas cependant, l'auteur a vu plusieurs noyaux dans la cellule-germe. Ses observations ne lui permettent pas

[1] L'auteur lui donne ce nom pour ne pas préjuger si elle deviendra l'œuf seulement, ou l'œuf et le follicule.

Digitized by Google

d'infirmer d'une manière absolue la théorie de Nussbaum sur la formation des follicules par l'œuf lui-même.

Le protoplasma de l'œuf reste transparent jusqu'à ce qu'il ait atteint un diamètre de $0^{mm},25$; alors on voit apparaître vers la périphérie les premières sphérules deuto-plasmiques sous l'apparence de granulations ou plutôt d'amas de granulations réfringentes d'un diamètre de 0,001.

Entre les agglomérations vitellines, on aperçoit de très petites granulations d'un diamètre souvent inappréciable.

A mesure que le développement avance, les agglomérations sont de plus en plus étendues et formées en même temps de sphérules de plus en plus grosses. Elles s'étendent vers le centre, ce qui dans l'œuf avancé leur donne l'aspect de pyramides à base située dans la zone subcorticale et à sommet dans le protoplasma périnucléaire. Les bandes protoplasmiques qui séparent les agglomérations de granules persistent très longtemps et ne disparaissent que lorsque l'œuf a plus d'un millimètre de diamètre. Il est donc évident que les sphérules vitellines ne sont pas des cellules, qu'elles apparaissent dans le protoplasma de l'œuf et ne dérivent pas de l'épithélium folliculaire, puisqu'elles sont toujours séparées de lui par une zone corticale de protoplasma clair.

Jusqu'à ce qu'il ait atteint un diamètre de $1^{mm},1$, l'œuf est entièrement dépourvu de membrane. A ce stade, il se différencie à la partie périphérique de la zone corticale une couche transparente nettement délimitée en dehors, mais continue en dedans avec le protoplasma cortical. Ce n'est qu'au stade où l'œuf a un diamètre de $1^{mm},5$ que cette membrane acquiert un double contour et constitue une membrane vitelline bien caractérisée. Elle est ainsi formée par l'œuf et non par l'épithélium folliculaire.

L'auteur a fait sur la vésicule germinative certaines observations trop incomplètes, qui montrent que de bonne heure elle subit certains changements internes importants et se divise peut-être.

L'existence du noyau vitellin (vésicule embryogène de Balbiani) n'est pas constante et paraît être sans importance.

H. A. Robin.

Recherches sur la poche du noir des Céphalopodes des côtes de France, par M. P. Girod. (*Arch. de Zool. exp.*, X, pag. 1-100, pl. I-V.)

Anatomie : La poche du noir existe chez tous les Céphalopodes dibranchiaux, mais atteint son plus grand développement et son

Digitized by Google

maximum de complexité chez les Décapodes; chez les Octopodes, elle est plus réduite et semble avoir subi un arrêt de développement. Dans le premier cas, elle se présente comme un organe pyriforme situé sur la ligne médiane, l'extrémité postérieure déjetée un peu à droite, surtout lorsqu'elle est distendue, et recouverte directement par le tégument chez le mâle, en partie par les glandes nidamentaires et accessoires chez la femelle. Sa portion étirée, qui dans la Seiche forme un canal bien distinct du corps de la poche, s'accolle au rectum et va s'ouvrir dans son intérieur, au peu au-dessous de l'orifice anal, au sommet d'une papille particulière. Immédiatement avant sa terminaison, elle se renfle en une petite ampoule limitée par deux étranglements, l'ampoule terminale. Chez les Octopodes, la poche, beaucoup moins développée, est enfouie dans une fossette creusée à la face antérieure du foie et enveloppée avec cet organe dans une tunique commune. La grande veine et les nerfs viscéraux, qui dans le premier groupe passent derrière la poche, lui sont ici antérieurs; mais le canal reprend ses rapports normaux et s'ouvre très près de l'anus.

La Sépiole présente dans la disposition de sa poche à encre des caractères très différents, suivant qu'on l'observe à l'époque de la reproduction ou non. Dans le dernier cas, aucune particularité importante ne la différencie des autres Décapodes. Lorsqu'elle vient à la côte pour s'y reproduire, au contraire la poche porte de chaque côté deux prolongements aplatis, l'un antérieur et l'autre postérieur, limitant un angle dièdre dans la cavité duquel est située une glande spéciale qui sécrète un liquide muqueux, incolore et coagulable par l'alcool. L'auteur n'a pu trouver à cette glande ni conduit ni orifice qui lui permette d'émettre une hypothèse sur son rôle.

Si, après avoir fendu la poche du noir sur la ligne médiane, on enlève à l'aide d'un courant d'eau l'encre qu'elle contient, on constate qu'elle est constituée par un vaste réservoir au fond duquel fait saillie une masse de tissu spongieux, hémisphérique chez la Seiche, plus indépendante chez le Calmar, limitée par une membrane propre, perforée seulement d'un très petit orifice par lequel suinte constamment de l'encre. Cette partie est la glande du noir; le reste de la poche constitue la vésicule. Enfin, à l'ampoule terminale sont annexés des replis glanduleux constituant la glande terminale. Chez le Poulpe, la glande et la vésicule sont seulement séparées par un diaphragme à orifice excentrique; la glande terminale est rudimentaire.

La poche du noir reçoit le sang de l'aorte antérieure. Celle-ci, après avoir fourni des artères au cœur, aux branchies, aux corps fongiformes, se bifurque en deux branches terminales : l'une (artère de la

Digitized by Google

glande du noir) qui se rend à la glande après avoir émis une branche intestinale, l'autre qui se distribue au manteau et aux glandes génitales et envoie un rameau au rectum et à la vésicule du noir (artère de la paroi). Des veines correspondantes déversent le sang de la poche dans la grande veine.

Les nerfs proviennent des nerfs viscéraux et du ganglion stomacal du stomato-gastrique.

La glande du noir est constituée par une série de lamelles ou trabécules légères et ondulées, à peu près régulièrement concentriques, anastomosées et circonscrivant des aréoles qui communiquent ensemble. La coloration des trabécules, de noir intense dans le voisinage de l'orifice de la glande, devient de plus en plus claire à mesure qu'on s'en éloigne et blanchâtre dans une partie compacte opposée à ce point. Cette région est une zone formative où s'organisent sans cesse de nouveaux trabécules, tandis qu'ils se détruisent dans la zone périphérique.

Chaque trabécule est constitué par un stroma conjonctif tapissé sur ses deux faces par une couche de cellules sécrétantes. A l'état jeune, c'est-à-dire dans la zone formative, ce sont des cellules cylindriques présentant à la base un gros noyau entouré de protoplasmes granuleux, et vers l'extrémité libre une région claire hyaline. Elles ne diffèrent des cellules calyciformes que par l'absence d'une paroi propre nettement différenciée. Dans la partie hyaline, apparaissent peu à peu de très fines granulations noires qui s'y accumulent jusqu'à ce que, dans la zone périphérique, cette région se détache et tombe dans les aréoles. La portion protoplasmique des cellules reste longtemps encore adhérente au trabécule, puis se charge elle-même de pigment et se détache. L'encre est constituée par les masses pigmentaires plus ou moins dissociées.

La vésicule est tapissée par un épithélium très différent, formé de cellules plates régulièrement hexagonales, chargées de pigment, excepté dans leur partie centrale nucléaire. Dans l'ampoule terminale, l'épithélium devient cylindrique.

L'ensemble de la glande et de la vésicule est entouré d'une tunique conjonctive, d'une couche argentine spéciale ou couche des paillettes et d'une tunique musculaire formée d'un plan interne de fibres longitudinales et d'un plan externe de fibres transversales. Des opinions très diverses ont été émises sur la nature des paillettes qui donnent à la couche argentine ses propriétés optiques. L'auteur a pu en suivre le développement et a constaté que ce sont de petits bâtonnets qui apparaissent dans des cellules spéciales autour du noyau et sont

Digitized by Google

plongées dans le protoplasma en zones concentriques rayonnant autour du noyau. La cellule paraît finir par se désorganiser et les paillettes devenir libres.

Physiologie : Le noir est un liquide d'un brun noir, intense, sans odeur, d'une saveur légèrement salée, présentant une réaction alcaline. Examiné au microscope, il se montre constitué par un sérum incolore tenant en suspension des corpuscules pigmentaires d'une ténacité extrême.

L'analyse quantitative lui donne la composition suivante :

Eau				60
Matières organiques solubles (eau, alcool, éther)			0.850	40
Matières organiques insolubles			30.540	
Substances minérales	solubles	2.935	8.610	
	insolubles	5.675		

L'analyse qualitative fait reconnaître dans les cendres de l'acide carbonique, des sulfates et des chlorures de sodium, de potassium, de magnésium et de calcium, des carbonates de chaux et de magnésie, du peroxyde de fer. Les matières organiques solubles paraissent être des matières grasses. Le pigment ou matière organique insoluble (mélaïne de Bixio), est une matière quaternaire qui, d'après l'une des analyses de M. Girod, présente la composition suivante :

C	53.6
H	4.04
Az	8.8
O	33.56

D'autres analyses ont donné des résultats presque identiques.

La présence du fer et l'absence du cuivre dans la sécrétion de la poche à encre devait frapper l'attention. On sait en effet que, d'après M. Frédéricq, le fer ferait totalement défaut dans le sang et y serait remplacé par le cuivre entrant dans la composition de l'hémocyanine, matière qui elle-même tient lieu d'hémoglobine. Cependant, si le fer existe réellement dans le produit de la sécrétion, il ne peut provenir que du sang. L'auteur a donc été amené à faire de nouveau l'analyse du sang et a constaté que le fer y existe à côté du cuivre.

La sécrétion de l'encre est continue et elle coule constamment de la glande dans la vésicule poussée par *vis à tergo*. A l'état de repos, la quantité d'encre qui passe dans la vésicule en un temps donné est constante, mais peut augmenter par une excitation qui détermine la contraction des parois.

Digitized by Google

L'encre s'accumule dans la vésicule, et à un moment donné est expulsée par la contraction de ses parois coïncidant avec le relâchement successif des deux sphincters. Pendant l'expulsion, le spincter anal se contracte.

Au moment où l'encre va pénétrer dans la cavité palléale, l'animal fait une inspiration violente, de sorte que l'encre se mêle à une quantité assez considérable d'eau de mer ; puis elle est expulsée au dehors dans un mouvement d'expiration.

En résumé, on peut reconnaître dans l'excrétion du noir trois temps:

1° Passage de l'encre de la glande dans la vésicule;

2° Passage de l'encre de la vésicule dans la cavité palléale ;

3° Expulsion de l'encre.

Les contractions de la paroi de la poche du noir sont sous la dépendance des filets du stomato-gastrique qui s'y distribuent. Quant aux mouvements expiratoires, Frédéricq a démontré qu'ils dépendent des nerfs palléaux. Il faut chercher la cause du réflexe dans l'impression périphérique des nerfs de la sensibilité générale ou de la sensibilité spéciale.

La sécrétion de l'encre est pour l'animal un moyen de protection et non un véritable phénomène d'excrétion, puisqu'on n'y trouve aucun des produits caractéristiques des excrétions. M. Girod a même constaté que, contrairement aux assertions de M. Yung, les poisons, et en particulier la strichnine et la nicotine, ne passent pas dans l'encre.

Développement : Deux opinions étaient en présence sur l'origine embryologique de la poche à encre : l'une due à Ussow [1], qui la considère comme un diverticule du proctodæum, et par conséquent une formation épiblastique; l'autre, soutenue par Bobretzky [2] et appuyée sur des figures qui la font dériver du mésenteron, c'est-à-dire de l'hypoblaste. M. Girod se range à la première des deux opinions. Le douzième jour de la vie embryonnaire, chez la Seiche, se montre le mamelon anal, qui bientôt se creuse d'une dépression. Cette dépression va en s'approfondissant et bientôt se bifurque ; l'une des branches devient le rectum, tandis que l'autre forme la poche à encre. Celle-ci est d'abord tapissée par une seule couche de cellules épiblastiques; mais bientôt, vers l'extrémité aveugle, ces cellules se multiplient et

---

[1] M. Ussow; Zoologisch. embryologische Untersuchungen. (*Arch. f. naturg.* XL, 1874.)

[2] Bobretzky ; Observations sur le développement des Céphalopodes. (*Mémoires de la Société des Amis de la Nature de Moscou.*)

Digitized by Google

forment une masse compacte, la glande du noir, dès lors distincte de la vésicule. La vésicule et son canal s'accroissent et s'étendent en avant; la glande se divise en étages et se creuse d'aréoles, et l'état définitif est atteint après que le mésoderme s'est condensé autour de la poche du noir pour lui fournir ses enveloppes conjonctives et musculaires.

La poche du noir, par ses connexions avec le rectum et par ses rapports avec une masse glandulaire située le long de la partie adhérente de la branchie et présentant le mode de vascularisation caractéristique de la glande purpurigène des Gastéropodes, est évidemment l'homologue de la glande anale décrite par M. de Lacaze-Duthiers dans cette dernière classe de Mollusques.

H. A. Robin.

Étude sur le Sternaspis scutata, par M. Rietsch. (*Ann. des Sc. natur.*, 6e sér., XIII.)

Les auteurs les plus récents, et ils sont assez nombreux, qui se sont occupés du *Sternaspis*, sont loin d'être d'accord sur sa position zoologique, et si la plupart le rangent parmi les Annélides polychètes, quelques-uns en font un Géphyrien armé et d'autres même, comme Vejdovsky, le considèrent comme un type intermédiaire entre les deux groupes. La monographie de M. Rietsch, en étendant et en précisant les connaissances dues aux travaux de Müller, Krohn, Claparède, Kowalewsky, etc., paraît devoir faire résoudre la question en le rangeant définitivement comme un type aberrant parmi les Annélides. Les récentes études de Hatschek sur l'Échiure tendent d'ailleurs à montrer que les Géphyriens armés sont beaucoup moins éloignés des Chétopodes qu'on ne l'admet généralement.

Le *Sternaspis scutata*, rencontré dans le golfe de Gascogne et différents points de la Méditerranée occidentale et de l'Adriatique, habite la vase à une profondeur de 50 à 300 mètres. Les plus grands individus ne dépassent pas 30mm de longueur sur 10mm de largeur. Le corps est assez nettement annelé et caractérisé par la présence, à la face ventrale et vers la partie postérieure, d'un bouclier chitineux auquel est dû le nom du genre. La bouche est légèrement ventrale et surmontée d'un lobe céphalique peu développé ; elle est suivie de trois couronnes de soies interrompues sur la ligne médiane dorsale et ventrale et implantées à la limite postérieure des 2e, 3e et 4e anneaux. Le septième anneau porte deux appendices coniques, puis viennent huit anneaux extérieurement dépourvus de soies; la région

Digitized by Google

du bouclier est elle-même, à en juger par le nombre des faisceaux de soies insérés sur le bord de cet organe, formée par la coalescence de 16 anneaux, de sorte que le nombre total des anneaux serait de 31. Le corps se termine par deux touffes de filaments rougeâtres, rétractiles, les branchies insérées sur deux plaques perforées situées de chaque côté de l'anus. A l'état de repos, toute la partie antérieure au septième anneau est rétractée et invaginée dans le reste du corps.

Téguments, muscles, soies. — Le tégument est constitué par un hypoderme d'une seule couche de cellules revêtu d'une cuticule stratifiée et mince dans la région antérieure du corps, épaisse au contraire dans la région postérieure et surtout le bouclier, et encroûtée de calcaire. La surface du corps tout entière est revêtue de très petits cônes dont l'axe est parcouru par un filament que l'auteur croit de nature nerveuse.

Immédiatement au-dessous de l'hypoderme et rattachée à lui par une couche conjonctive difficile à mettre en évidence, vient l'enveloppe musculaire, formée d'un plan externe de fibres transversales interrompues sur la ligne médiane dorsale et ventrale, et d'un plan interne de fibres longitudinales. Ces dernières s'insèrent sur les bords du bouclier et sur les dissépiments qui limitent chaque anneau ; celles qui servent à la rétraction de la partie antérieure du corps se différencient en muscles assez distincts destinés à tirer en arrière le tégument lui-même ou le cerveau, à renverser les soies, etc.

On peut distinguer trois groupes de soies : celles des trois couronnes antérieures ; celles rudimentaires que l'on observe après avoir ouvert l'animal dans les segments 8-14, et qui ne traversent pas la cuticule ; et enfin les 15 paires de faisceaux portés par les bords du bouclier. Nous laisserons de côté celles du deuxième groupe, qui ont subi un arrêt de développement et ne semblent présenter aucune particularité digne de remarque. Les soies antérieures vont en diminuant de longueur dans chaque demi-couronne, de la face dorsale à la face ventrale ; elles sont en effet de plus en plus usées, la soie la plus jeune étant toujours la plus dorsale, de sorte qu'on peut suivre dans chaque groupe l'évolution complète des soies. Chacune d'elles est de forme cylindro-conique et se développe dans un follicule formé par un refoulement de l'hypoderme. La cellule qui forme le fond du follicule prend des dimensions énormes et sécrète seule la soie tout entière ; lorsque celle-ci est très avancée dans son développement, la cellule géante diminue peu à peu de dimensions et

Digitized by Google

finit par n'être plus distincte des cellules voisines. Le follicule de la soie la plus dorsale émet un diverticule latéral qui deviendra le follicule de la soie suivante. Dans les faisceaux postérieurs, les soies sont de deux sortes : fortes et pennées, ou plus minces et lisses. Elles se développent de la même manière que les soies antérieures. Les soies sont donc bien des formations cuticulaires, et par conséquent ectodermiques et non pas mésodermiques, comme le pensent Hatschek et Vejdovsky.

Tube digestif. — La bouche s'ouvre au milieu d'un petit mamelon extérieur et conduit dans un pharynx volumineux et protractile, mais de consistance assez molle. Le tube digestif est très allongé et enroulé sur lui-même ; on peut y distinguer un œsophage formant deux tours de spire, un estomac très spacieux et un rectum.

Partout une enveloppe péritonéale à cellules bien nettes revêt le tube digestif, dont la paroi est soutenue par une couche conjonctive, avec quelques fibres musculaires clairsemées. L'épithélium, quoique partout cylindrique et d'une seule couche, présente des variations assez notables dans les différentes régions. Dans le pharynx, ses cellules sont très allongées, surtout sur les bourrelets de la muqueuse, et présentent un plateau et des cils vibratiles ; dans l'œsophage, elles deviennent moins hautes et plus larges. Dans l'estomac, l'épithélium change de nature ; il n'est plus cilié que sur les parois d'une gouttière ventrale qui se prolonge jusqu'au rectum ; partout ailleurs les cellules cylindriques chargées de granulations réfringentes ont un caractère glandulaire et sécrètent un liquide rappelant les caractères de la bile. Dans l'intestin grêle, le caractère glandulaire disparaît graduellement, mais l'épithélium reste non cilié. Le rectum a la structure de la peau, dont il n'est qu'un refoulement.

Les parois de l'œsophage et de l'estomac présentent un très riche réseau vasculaire.

Système nerveux. — Le système nerveux central se compose d'une masse cérébroïde petite, logée dans le lobe céphalique; d'un large collier œsophagien, d'un cordon ventral sans ganglions, terminé par un énorme renflement qui s'étend sur toute la longueur du bouclier. Ce renflement, de forme biconique, d'abord constitué par des dilatations irrégulières, présente ensuite environ 25 paires de prolongements latéraux d'où naissent des nerfs et qui paraissent représenter autant de ganglions.

Dans toute l'étendue du système nerveux, sauf le collier œsophagien, on trouve à la fois des cellules nerveuses et une masse fibreuse,

Digitized by Google

Les cellules sont en général situées vers la périphérie ; cela est surtout le cas pour le cordon ventral, où elles sont disposées en bandes sur les parties latéro-inférieures et aussi dans la région ventrale. Dans le renflement terminal, elles sont plus abondantes et entourent presque complètement la masse fibreuse.

Le système nerveux est enveloppé dans toute son étendue d'une gaîne conjonctive riche en vaisseaux, qui dans le renflement postérieur envoie même des prolongements au milieu de la substance nerveuse. La partie antérieure du cerveau est seule en contact direct avec la cuticule.

Sur la face ventrale du cordon nerveux naissent des nerfs impairs en apparence, qui dérivent cependant de deux racines et sont en réalité formés par deux nerfs renfermés dans une gaîne commune. Les nerfs, après avoir envoyé quelques rameaux aux muscles, vont se terminer en se ramifiant sous l'hypoderme. L'auteur pense qu'ils sont en continuité avec les filaments axiaux des cirres cutanés, mais sans l'avoir observé directement.

Circulation et respiration. — Le système circulatoire est extrêmement compliqué, et il n'est guère possible de résumer sans figures la longue description donnée par M. Rietsch. Deux troncs longitudinaux principaux peuvent être considérés comme en constituant la partie centrale. L'un, le vaisseau dorsal, naît en arrière de l'union des deux vaisseaux provenant de la masse branchiale, s'accole à l'estomac, qu'il suit dans toute sa longueur, se détache au niveau de l'œsophage, et va se terminer en un riche réseau sur le pharynx et les ganglions cérébroïdes. L'autre, le vaisseau ventral, prend naissance au-dessous du pharynx, s'accole au système nerveux, envoie des branches aux parois des segments, aux organes segmentaires, aux organes sexuels, etc. Ses branches forment au-dessus du bouclier un plexus extrêmement serré et se terminent par des extrémités libres renflées en grappes d'ampoules pyriformes. Enfin le vaisseau ventral se recourbe sous l'intestin, qu'il accompagne dans toute sa longueur, et communique par un très riche réseau capillaire avec un sinus situé sous la gouttière ciliée.

Les vaisseaux branchiaux. qui communiquent non seulement avec le vaisseau dorsal, mais avec le sinus de la gouttière vibratile, et par son intermédiaire avec le vaisseau ventral, sont très-nombreux et disposés en deux houppes qui vont s'insérer sur les plaques perforées, traversées elles-mêmes par de courts canaux qui communiquent avec les branchies. Ces vaisseaux présentent une rigidité particulière due à ce que chacun d'eux est enfermé dans une même gaîne avec un axe

Digitized by Google

formé de cellules annulaires sécrétant des anneaux chitineux; l'intérieur du cylindre creux ainsi formé est occupé par des fibres longitudinales. Ces files de cellules chitinogènes sont des prolongements de l'hypoderme.

Les branchies sont des filaments minces et très extensibles formés par un prolongement du tégument revêtu de nombreuses fibres musculaires. Une cloison conjonctive divise leur cavité en deux canaux qui communiquent aux extrémités et reçoivent le sang des canaux qui traversent les plaques perforées.

Dans cet ensemble de vaisseaux, il est impossible de reconnaître un cercle d'artères et de veines où le sang circulerait d'une manière régulière; il est d'ailleurs à remarquer que nulle part les parois des vaisseaux ne renferment des fibres musculaires. Il paraît probable que le sang est seulement soumis à des mouvements oscillatoires déterminés par les contractions de l'animal.

Le sang est d'une couleur rouge intense et ne renferme pas de corpuscules figurés. On trouve au contraire, dans le liquide de la cavité générale, des corpuscules amœboïdes abondants.

Organes segmentaires. — Une paire d'organes segmentaires sont situés à la partie antérieure du corps et intriqués dans les circonvolutions de l'œsophage. Chacun d'eux est d'une masse creuse, de consistance molle et de forme trilobée, dont l'un des lobes se continue en une sorte de canal qui va s'attacher à la paroi du corps, mais ne s'ouvre pas à l'extérieur. L'auteur n'a pas non plus vu d'entonnoir vibratile faisant communiquer l'intérieur de l'organe segmentaire avec la cavité générale.

Les organes segmentaires sont tapissés par une couche de cellules à nombreux noyaux constamment en voie de division. Leur absence de communication, soit avec l'extérieur, soit avec le tube digestif, ne permet de hasarder aucune hypothèse sur leur fonction. Leur paroi est très richement vascularisée.

Organes sexuels. — Les organes génitaux ont à peu près la même forme dans les deux sexes, mais se distinguent à première vue par la couleur rouge et l'aspect granuleux de l'ovaire, contrastant avec le blanc uniforme du testicule.

Les glandes sexuelles se développent, comme chez tous les Chétopodes ou les Géphyriens, en connexion avec le vaisseau ventral ou ses ramifications, mais elles atteignent un degré de différenciation inusité et acquièrent des parois propres qui font que les œufs et les spermatozoïdes ne tombent pas dans la cavité générale. L'ovaire ou

Digitized by Google

le testicule est constitué par une masse divisée en quatre lobes accompagnant quatre des grosses branches du vaisseau ventral, et s'enroulant avec le tube digestif; chez le mâle, ces lobes présentent même souvent des ramifications correspondant avec les ramifications du vaisseau sur lequel ils se sont développés. Du point où les quatre lobes se réunissent vers le douzième anneau, partent deux oviductes ou spermiductes qui vont s'ouvrir à l'extérieur, à la face ventrale, dans le septième anneau. Ces oviductes paraissent représenter une seconde paire d'organes segmentaires.

Les produits sexuels se développent à la surface même du vaisseau axial de la glande génitale. Une des cellules du revêtement péritonéal se différencie, augmente de volume et se pédiculise; une anse vasculaire s'étend d'ailleurs dans le pédicule jusqu'à arriver en contact avec elle. Lorsque cette cellule a achevé son évolution en œuf ou en cellule mère de spermatozoïdes, elle tombe dans la cavité de la glande génitale, où elle est rejetée à l'extérieur par les conduits évacuateurs qui présentent un revêtement cilié.

Embryogénie. — La fécondation est extérieure et s'effectue depuis la fin de février jusqu'à la fin de mars. L'auteur a pu pratiquer à cette époque des fécondations artificielles. La segmentation est totale et inégale. L'œuf se divise en deux sphères inégales, dont la plus petite se divise elle-même en deux ; puis la plus grosse en produit une petite semblable aux deux autres. Au stade suivant, on voit quatre petites sphères et quatre grosses, dont l'une plus grosse que les autres. Les petits segments se multiplient rapidement, et par un processus d'épibolie enveloppent complètement les gros segments. La larve devient alors ciliée et commence à nager à la surface de l'eau. Bientôt les cils s'allongent en un panache à l'extrémité antérieure et disparaissent au contraire à l'extrémité postérieure; puis ils se localisent en une couronne située un peu en arrière de l'extrémité antérieure. Enfin, quarante heures environ après la fécondation, la vie pélagique cesse, la larve perd ses cils et commence à exécuter des mouvements vermiformes. Les grosses cellules endodermiques continuent à se multiplier, surtout vers les extrémités, et constituent un tube digestif qui au quatorzième jour est encore fermé à l'extérieur. A cette époque, il n'existe aucune trace du mésoderme. L'auteur n'a pu suivre plus loin le développement.

H.-A. Robin.

Digitized by Google

Beitrage zur Kenntniss der ersten Entwicklungsvorgange im Insecten-ei; par M. Aug. Weissmann. (*Beiträge zur Anatomie und Embriologie* als festgabe Jacob Heule, zum 4 april 1882, dargebracht von seinen Schülern. Bonn, 1882.)

Les recherches de M. Weissmann sur les premiers phénomènes du développement des Insectes et la formation du blastoderme chez ces animaux, ont porté sur deux Hyménoptères du groupe des Cynipides, le *Rhodites rosæ* et le *Biorhiza aptera*, un Diptère du genre Chironome et un Orthoptère, la Taupe-Grillon. Il décrit séparément les faits observés dans ces divers types et termine par quelques considérations générales. Les observations ont été faites sur les œufs vivants.

Rhodites rosæ. — L'œuf, long de $0^m,32$ et large de $0^m,3$ lorsqu'il est mûr, est enveloppé d'un chorion, mais paraît manquer de membrane vitelline ; celle-ci s'est nettement montrée cependant au pôle postérieur, au commencement du développement embryonnaire. La coque se continue en un long pédoncule dans lequel pénètre un peu la substance de l'œuf. A la vésicule germinative a succédé un noyau clair sans membrane d'enveloppe, le premier noyau de segmentation.

Après une contraction du vitellus qui laisse un espace vide sous le chorion, le noyau se résout en une traînée blanchâtre, longitudinale, irrégulière, qui se divise en deux moitiés ; celles-ci diminuent de longueur et se condensent aux pôles en deux nouveaux noyaux que l'auteur nomme les noyaux polaires. On pourrait, comme on va le voir, les appeler noyaux entoblastique et ectoblastique.

Ces noyaux exécutent des mouvements amœboïdes ; puis l'un d'eux, le noyau polaire postérieur, s'allonge en une traînée occupant à peu près la moitié de la longueur de l'œuf ; la partie antérieure de la traînée se détache pour constituer un noyau qui se divise pendant que de nouveaux noyaux se forment de la même manière que le premier, par bourgeonnement, du noyau polaire postérieur. Le phénomène se continue de la même manière jusqu'à ce qu'il y ait environ trente noyaux. Les noyaux, au moment de se diviser, s'allongent toujours et prennent la forme de biscuit, mais ne présentent jamais de fuseau nucléaire.

Lorsque les noyaux sont au nombre de trente, ils se portent à la périphérie, et le vitellus, qui jusque-là n'avait pris aucune part à la division, s'accumule autour d'eux et se condense en une couche super-

Digitized by Google

ficielle de balles vitellines mal distinctes d'abord, qui prennent bientôt le caractère de véritables cellules et constituent le blastoderme. Le blastoderme n'est donc pas formé comme l'ont vu chez d'autres Insectes Bobretzky, Graber, Brandt, etc., par des cellules apparaissant profondément dans le vitellus et se portant à la surface.

Le noyau polaire postérieur ne se distingue plus de tous les autres éléments qui en sont dérivés, et les cellules blastodermiques sont toutes uniformes et présentent un gros noyau sur lequel s'appliquent directement les granulations deutoplasmiques, la périphérie étant constituée par une couche de protoplasma clair.

Au moment où les noyaux dérivés du noyau polaire postérieur se portent à la périphérie, le noyau polaire antérieur, qui jusque-là n'a subi aucune modification, s'enfonce dans le vitellus, et, par un processus semblable à celui des autres noyaux, se divise et donne naissance à une traînée de noyaux s'étendant dans toute la longueur de l'œuf. Mais, contrairement aux noyaux dérivés du noyau polaire postérieur, ceux-ci s'entourent immédiatement de protoplasma et constituent de véritables cellules : ce sont les cellules vitellines.

Les éléments du blastoderme se multiplient pendant ce temps, les granulations deutoplasmiques disparaissent, et le blastoderme vient à être constitué, comme c'est l'ordinaire chez les Insectes, par une couche de cellules cylindriques claires reposant sur une couche protoplasmique homogène qui paraît servir à son alimentation.

Ainsi constitué, le blastoderme s'épaissit à la face ventrale pour former la plaque ventrale, et s'amincit au contraire du côté dorsal, sans qu'il s'établisse cependant une solution de continuité. L'amnios apparaît comme un prolongement de la partie dorsale de l'extrémité céphalique, formé d'une seule couche de cellules qui s'étend sous la face ventrale; il n'existe par conséquent pas d'enveloppe séreuse. L'auteur n'a pas vu de second repli venir à la rencontre du premier. Quoi qu'il en soit, l'amnios vient à envelopper complètement l'embryon, comme chez les autres Insectes. Cette membrane est d'une minceur telle qu'il est impossible d'y reconnaître de structure, excepté en un point au-dessus de la tête, où elle est au contraire très épaisse et formée de grosses cellules. Elle disparaît tout d'un coup, quelque temps avant l'éclosion, peut-être avalée par l'embryon.

Un peu après l'apparition de l'amnios, la plaque germinative se replie vers l'intérieur en une invagination linéaire transversale qui s'approfondit de plus en plus, puis reste stationnaire et finit par disparaître. M. Weissmann considère cette invagination comme une invagination gastréenne homologue à l'invagination longitudinale des autres

Digitized by Google

Insectes. Elle ne prend cependant aucune part à la formation de nouvelles couches cellulaires.

Le mésoderme, au contraire, *paraît* dériver entièrement des cellules vitellines. Au milieu de celles-ci, en effet, on distingue, surtout dans la moitié postérieure de l'embryon, en arrière de l'invagination transversale, des cellules arrondies d'un caracière spécial, qui se séparent peu à peu et se disposent en dessous du blastoderme en une couche mésodermique définie. Le processus commence à la face dorsale et vers l'extrémité antérieure céphalique.

Les grosses cellules entodermiques granuleuses limitent elles-mêmes le mésentéron qui renferme ce qui reste du vitellus.

En même temps que l'invagination gastréenne s'effaçait, se sont formés la bouche et l'étranglement céphalique ; le proctodæum apparaît un peu après les stomodæum.

La larve, au moment de l'éclosion, présente treize anneaux distincts; il est impossible de déterminer si la partie antérieure correspond à un seul segment, comme chez les Muscides, ou à la tête entière, comme chez les autres Insectes. En arrière de la bouche, trois paires de tubercules indiquent les rudiments des membres buccaux. La première forme les mandibules courtes et à pointe cornée qui constituent le seul organe de mastication de la larve. La deuxième paire devient rudimentaire et forme deux papilles tactiles représentant les palpes maxillaires. Les appendices de la troisième paire, enfin, se soudent en une plaque médiane dont le bord chitinisé protège les machoires. Les antennes apparaissent comme deux tubercules des lobes procéphaliques, et chez la larve ne dépassent pas l'état de mamelons tactiles.

Les segments du tronc ne présentent de traces de membres à aucun stade du développement.

Biorhiza aptera (forme parthénogénétique du *Teras terminalis*). — Au moment de la ponte, le vitellus pénètre dans le pédoncule de l'œuf, mais il se rétracte bientôt, et l'apparition de la membrane vitelline s'oppose à ce qu'il y pénètre de nouveau.

Le protoplasma est accumulé au pôle antérieur dans un espace clair au milieu duquel est situé le premier noyau de segmentation. Celui-ci exécute des mouvements amœboïdes, puis s'allonge transversalement ou obliquement et se divise en deux noyaux polaires. A peine formé, le noyau polaire postérieur prend lui-même l'aspect d'un nuage et commence à se diviser. Le noyau polaire antérieur reste quelque temps inactif et reconnaissable à sa grosseur plus considérable; mais au bout de quelque temps il se divise lui-même, et il devient

Digitized by Google

impossible de distinguer les noyaux qui en sont dérivés de ceux qui proviennent du noyau polaire postérieur.

Les noyaux atteignent le nombre d'une centaine avant qu'il apparaisse autour d'eux un corps cellulaire. Une partie d'entre eux se portent à la surface et forment le blastoderme, comme chez le *Rhodites*. Il est permis de supposer que ce sont, comme dans cette espèce, ceux qui proviennent du noyau polaire postérieur; mais il n'est pas possible de s'en assurer par l'observation directe.

Un fait intéressant et non observé ailleurs est l'émission, par les cellules de l'extrémité antérieure du blastoderme, de pseudopodes grêles et anastomosés, semblables à ceux des Radiolaires qui s'avancent dans la chambre située sous la membrane vitelline. Ces pseudopodes ne se montrent que pendant un temps assez court, peu après la formation du blastoderme.

Les gouttelettes graisseuses qui apparaissent dans les cellules vitellines en rendent l'observation impossible.

L'amnios se forme comme chez le *Rhodites*. L'invagination gastréenne n'a pas été observée.

Le développement des segments céphaliques et des membres buccaux est plus facile à suivre que chez le *Rhodites*, mais est d'ailleurs le même. Le petit segment antérieur de la larve répond à la tête entière. Pas plus que chez le *Rhodites*, il n'existe de membres aux segments thoraciques.

Chironomus, sp. — L'espèce de Chironome observée par l'auteur n'a pas été déterminée; ses œufs, pondus dans des cordons gélatineux, sont caractérisés par leur forme renflée à l'extrémité qui correspond à la tête de l'embryon, pointue à l'autre extrémité, convexe d'un côté et presque plane de l'autre.

Les œufs fraîchement pondus présentent déjà une contraction notable du vitellus, laissant sous la membrane vitelline une chambre spacieuse remplie de liquide. A la surface du vitellus, se montre une couche de protoplasma bien différenciée ou écorce plasmique (*Plasmarinde*). Avant la formation d'aucun élément blastodermique, il se détache de l'œuf des masses protoplasmiques avec ou sans noyau, qui se subdivisent souvent après être devenues libres, au pôle antérieur de l'œuf. Dans un cas, l'auteur les a observées au pôle postérieur. Ce sont de véritables globules polaires. Ils persistent longtemps, exécutent des mouvements amœboïdes et rampent à la surface de l'œuf, où on peut les retrouver dans tous les points.

Plus tard se forment, avant le blastoderme proprement dit, les cel-

Digitized by Google

lules du pôle (*Polzellen*), que l'auteur a depuis longtemps fait connaître et qui constituent au pôle postérieur une masse de douze cellules. Puis des noyaux pénètrent dans l'écorce plasmique, lui empruntent leur corps cellulaire et forment le blastoderme. Au pôle antérieur se distingue un noyau inactif qui, lors de l'achèvement du blastoderme, s'enfonce dans le vitellus, peut-être pour y jouer le même rôle que chez le *Rhodites*.

Gryllotalpa. — Dans les très gros œufs de cette espèce, il n'existe pas d'écorce plasmique. En les dilacérant peu après la ponte, on trouve dans le vitellus même des cellules complètes à protoplasma clair, qui se portent peu à peu à la périphérie et s'y divisent de façon à former des îlots de cellules plus petites. Les îlots, en s'étendant, se rencontrent et s'anastomosent en un réseau puis en une couche continue, le blastoderme.

En résumé, le blastoderme de ces divers types d'Insectes présente dans son mode de formation des variations considérables ;

1° Lorsque les œufs sont très gros (*Gryllotalpa*), des cellules apparaissent dans le vitellus et se portent à la surface ;

2° D'autres fois des noyaux libres se portent à la surface, et autour d'eux se différencie un corps cellulaire riche en vitellus nutritif (*Rhodites*, *Biorhiza*) ;

3° Ou bien les noyaux se portent de même à la surface, mais y trouvent une couche de protoplasma différencié à l'avance (Chironome) ;

4° Il y faut ajouter le cas des *Podurides*, où l'œuf très petit se divise immédiatement et forme une vésicule blastodermique par segmentation totale,

L'écorce plasmique du Chironome, décrite depuis longtemps par l'auteur et niée depuis, existe bien réellement, mais n'est pas le siège d'une formation cellulaire libre.

Il est à remarquer que les noyaux, dans leur division, ne présentent pas les formes que l'on considère généralement comme accompagnant toujours la karyokinèse. Les mouvements amœboïdes n'ont rien de commun avec la formation du fuseau et ont seulement un rôle nutritif. Les noyaux ne sont pas non plus nécessairement un centre d'attraction pour le protoplasma, puisqu'ils restent longtemps indépendants de tout corps cellulaire.

L'antithèse des deux premiers noyaux chez les Cynipides est un fait très-important et dont il convient de chercher l'existence ou l'absence dans les autres types. H. A. Robin.

Digitized by Google

Recherches sur l'organisation des larves des Ephémérines, par M. Vayssière. (*Thèse de doct. ès-Sciences* et *Ann. des Sc. nat.*, 6e série, XIII.)

Dans le travail qui lui a servi de Thèse, M. Vayssière a étudié l'organisation des états larvaires des Éphémérines.

Après avoir consacré un chapitre aux recherches bibliographiques, il commence véritablement son travail par l'étude de la structure externe des larves, en insistant tout particulièrement sur les diverses transformations que subissent les organes trachéo-branchiaux pendant la durée de la vie larvaire d'une même espèce. C'est chez des individus de l'*Heptagenia longicauda* que ce naturaliste a pu suivre tout le développement, depuis l'état larvulaire, pendant lequel ces insectes ne présentent aucune trace d'organes respiratoires externes, jusqu'aux derniers stades de la vie aquatique, qui sont caractérisés par la présence de trachéo-branchies bien développées, insérées sur les parties latérales des sept premiers anneaux de l'abdomen.

Chez les *Heptagenia*, et en général chez toutes les *Éphémérines*, il n'y a que l'abdomen qui porte des organes respiratoires ; cependant on a constaté chez quelques-uns de ces insectes (*Oligoneuria rhenana* et *garumnica*, et *Jolia Rœseli*) des trachéo-branchies, non seulement sur les segments abdominaux, mais encore à la base de la tête et sur la face inférieure du prothorax.

M. Vayssière passe ensuite en revue les diverses larves qu'il a pu se procurer; il décrit leur structure externe et, se basant sur la forme des trachéo-branchies, il établit cinq subdivisions qu'il caractérise de la manière suivante :

« La première renferme toutes les larves munies d'organes respiratoires formés chacun d'une lame plus ou moins étendue, garnie sur son pourtour de tubes respiratoires dont les dimensions sont en raison inverse de la grandeur de la lame.

» Dans la seconde nous trouvons les Éphémérines dont les trachéo-branchies, tout en étant lamelleuses, n'offrent plus de traces de digitations.

» Les larves de la troisième subdivision sont munies de trachéo-branchies formées d'une lame protectrice, à la face interne de laquelle se trouve tantôt une houppe de tubes respiratoires, tantôt une petite grappe bifide de lamelles très délicates.

» Chez les larves des genres *Cœnis* et *Tricorythus*, qui constituent la quatrième subdivision, nous voyons les branchies trachéennes de la deuxième paire se transformer en organes protecteurs recouvrant toutes les paires suivantes.

Digitized by Google

» Enfin la cinquième subdivision contient les larves dont l'appareil respiratoire est complètement caché et protégé par des prolongements méso-thoraciques dans l'épaisseur desquels naîtront plus tard les ailes supérieures ; chez ces Insectes, nous avons une véritable *chambre respiratoire* qui peut communiquer avec l'extérieur, soit par toute sa partie postérieure (*Bœtisca*), soit par trois ouvertures seulement : deux ventrales et une dorsale (*Prosopistoma*). »

Nous ne pouvons entrer dans l'examen de toutes les descriptions données par M. Vayssière sur chacune de ces larves, et nous renvoyons le lecteur au mémoire original.

A la fin de ce chapitre, qui forme la majeure partie de ce travail, l'auteur se demande s'il ne serait pas convenable de considérer les fourreaux des ailes et les ailes elles-mêmes comme des appendices dorsaux correspondant aux trachéo-branchies, et pouvant bien n'être que des organes respiratoires modifiés.

Le chapitre III est consacré à l'appareil circulatoire ; cette partie, bien qu'elle soit assez courte, présente toutefois un certain intérêt, car M. Vayssière montre que chez les larves des Éphémérines l'appareil circulatoire est moins réduit que chez les autres Insectes, et ses observations concordent complètement avec celles de Zimmerman. Ces naturalistes ont constaté dans les soies la présence de vaisseaux artériels partant directement du cœur ; ils ont aussi observé qu'antérieurement le vaisseau dorsal donnait naissance, sur son prolongement, à une forte aorte qui arrive jusqu'à la base de la tête. Les antennes, d'après M. Vayssière, contiendraient chacune aussi un petit tronc artériel, pulsatile à sa base, destiné à faciliter la circulation du sang dans ces organes.

Il s'occupe, dans le chapitre suivant, du tube digestif et des modifications plus ou moins grandes que présentent les diverses parties de ce système organique chez les genres qu'il a étudiés.

Il insiste particulièrement sur les transformations successives que subit la lèvre inférieure dans la série des genres qui composent cette famille. Ainsi, tandis que chez les *Heptagenia*, les *Cloeopsis*.., nous observons une lèvre inférieure possédant toutes ses pièces élémentaires, chez les *Leptophlebia*, les *Ephemerella*, les *Bœtisca* et surtout les *Prosopistoma*, nous voyons ces mêmes pièces se souder plus ou moins les unes aux autres, s'atrophier et disparaître en partie.

L'hypopharynx a aussi attiré l'attention de ce jeune naturaliste ; les modifications que présente cette pièce de la bouche d'un genre à l'autre, et son indépendance par rapport à la lèvre inférieure, font supposer à M. Vayssière que cet organe constitue un nouvel appen-

Digitized by Google

dice céphalique, ce qui porterait donc à cinq le nombre des métamères ou zoonites de la tête (zoonite des antennes, zoonite des mandibules, zoonite des mâchoires, zoonite de l'hypopharynx, et zoonite de la lèvre inférieure).

On observe dans la disposition des tubes de Malpighi une sorte de concentration correspondant à celle de l'appareil trachéo-branchial.

Dans le chapitre qui suit, M. Vayssière nous fait connaître la disposition du système nerveux dans la généralité des Éphémérines; puis il fait ressortir l'excessive cencentration des centres de ce système organique chez la larve du *Prosopistoma* : ainsi, chez cet animal, au lieu d'avoir une chaîne ganglionnaire composée de 10 ou 11 centres (un ganglion pharyngien, 3 g. thoraciques et 6 ou 7 g. abdominaux), chez le *Prosopistoma* nous n'avons plus qu'un ganglion pharyngien rattaché par deux commissures à un volumineux centre thoracique représentant, à lui seul, tout le reste de la chaîne ganglionnaire. — Il est très-probable que le système nerveux du *Bœtisca obesa* est à peu près identique à celui du *Prosopistoma ;* malheureusement M. Vayssière n'a pu se procurer que quelques dépouilles nymphales de *Bœtisca* et s'est trouvé, par suite, dans l'impossibilité d'étudier son organisation interne.

Ce travail est terminé par une courte description de certains parasites que ce naturaliste a observés chez quelques larves.

Ce mémoire est accompagné d'un grand nombre de figures, de faciès de larves, qui peuvent être d'un grand secours pour les personnes qui ne s'occupent de ces Insectes qu'au point de vue zoologique.

Botanique.

L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée; par M. J. Vesque. (*Ann. des Sc. nat.*, 6e série, tom. XIII, pag. 5.)

Nous avons analysé précédemment[1] un travail où M. Vesque a montré que les caractères anatomiques peuvent être fort utilement examinés quand il s'agit de reconnaître les affinités naturelles des plantes, et où il considère que la description anatomique doit désormais être jointe à la description des organes floraux des familles.

[1] *Revue des Sc. nat.*, 3e série, tom. I, pag. 414.

Digitized by Google

Il revient aujourd'hui sur cette question pour l'aborder d'une façon plus générale. Son but est de démontrer qu'un simple examen d'un petit fragment de feuille permet de définir les conditions de milieu dans lesquelles le végétal a vécu, et de conduire en même temps à la connaissance des familles et des espèces.

L'auteur considère comme suffisamment établi par ses précédentes recherches, que la facilité avec laquelle un organe s'adapte aux milieux est en raison inverse de son importance.

Le végétal et ses différents membres s'adaptent au milieu inerte (eau, air, sol) dans une mesure variable. L'adaptation à ce milieu inerte reçoit de l'auteur le nom d'*Épharmonie* : c'est, selon lui, presque exclusivement sur des *caractères épharmoniques* que repose aujourd'hui la distinction des espèces végétales ; il faut donc les étudier de près.

« Les principales conditions physiques, dit l'auteur, auxquelles la »plante fixée par ses racines dans un endroit quelconque doit s'adapter, »sont l'éclairage et l'humidité relative ; l'adaptation à cette dernière »peut se produire de deux manières différentes : par la diminution de la »transpiration et par l'emmagasinage de l'eau dans certains organes. »Les transformations qui s'introduisent ainsi dans les tissus entraînent »souvent l'apparition de nouveaux éléments mécaniques destinés à les »soutenir ».

Nous avons donc à étudier : 1° Comment la plante s'adapte à l'éclairage, au point de vue de l'assimilation ; 2° Comment elle se protège contre une transpiration très active ; 3° Comment elle emmagasine de l'eau ; 4° Par quels moyens mécaniques les tissus parenchymateux de la feuille évitent de se faner.

M. Vesque étudie tout particulièrement les caractères épharmoniques de la feuille, comme y étant le plus développés.

La plante s'adapte à l'éclairage, avant tout, par les modifications du tissu assimilateur, du parenchyme en palissades et de l'ensemble du mésophylle.

Elle se protège contre une transpiration trop active par la réduction de la surface totale des feuilles, par l'épaississement et les ornements de la cuticule ; en rendant difficile l'accès de l'air aux stomates, en développant son système pileux.

La plante emmagasine de l'eau dans son corps de diverses façons : par le développement d'un épiderme multiple ou d'un hypoderme, par les vaisseaux et les réservoirs vasiformes.

Quant au soutien des tissus exposés à se faner, il est obtenu par le développement des systèmes mécaniques du faisceau fibro-vasculaire ; par des fibres mécaniques qui parcourent les parenchymes ; par des cel-

Digitized by Google

lules scléreuses résultant de la transformation secondaire de certaines cellules secondaires du mésophylle.

Une étude attentive de tous ces caractères permet à l'auteur de distinguer ce qui doit être attribué à l'épharmonie.

La filiation pure a produit des groupes considérés aujourd'hui comme genres, sous-genres et même comme espèces linnéennes ; ces caractères de filiation sont, d'une façon générale, devenus les caractères spécifiques en zoologie ; au lieu de s'en tenir là, les botanistes, insistant à peine sur ces formes phylétiques, les ont subdivisées plus ou moins d'après les caractères épharmoniques.

Ainsi, tous les végétaux qui ne diffèrent entre eux que par des caractères épharmoniques constituent une forme qui équivaut à l'espèce zoologique.

« Si la science était encore à faire, il y aurait un procédé très simple »et très clair qui consisterait à donner un nom à la dernière subdivision »de qualité phylétique, celle qui représenterait l'espèce avant l'intervention de l'épharmonisme, et d'y ajouter un adjectif indiquant le mode »d'épharmonie qui est venu lui imprimer son cachet ; cet adjectif serait »toujours le même pour désigner la même épharmonie ».

Après avoir appuyé sa thèse sur quelques exemples, l'auteur aborde la question de la définition de l'espèce.

Il lui semble rationnel, et sans doute beaucoup de ceux qui se sont trouvés aux prises avec la nécessité de déterminer beaucoup de formes considérées aujourd'hui comme de *bonnes espèces* seront de son avis; il lui paraît rationnel de considérer comme des espèces les formes phylétiques telles qu'elles sont avant l'action de l'épharmonie. Elles correspondraient aux espèces zoologiques.

On définirait alors l'espèce : l'ensemble de tous les végétaux appartenant à la même division phylétique indivisible, prise au moment où les différences épharmoniques commencent à s'y introduire.

Mais ces adaptations sont accomplies et « nous nous trouvons en pré»sence d'une multitude de formes mal délimitées qu'on pourrait multi»plier à l'infini, formes qui sont considérées comme des espèces par les »Jordaniens ; mais il y a un moyen terme qui consiste à considérer »comme espèce l'ensemble des végétaux descendant d'un même ancêtre »sur lequel l'épharmonie est venue agir et qui sont adaptés de la même »manière au milieu dans lequel ils vivent. »

En admettant cette deuxième manière de voir, l'espèce serait l'ensemble des végétaux appartenant à la même division phylétique, présentant les mêmes organes épharmoniques, et ne diffèrant entre eux que par le plus ou moins grand développement que présentent ces organes.

Digitized by Google

Cette dernière définition, moins logique que la première, correspond à la notion actuelle de l'espèce botanique, et il convient sans doute de l'adopter pour ne pas faire table rase des idées fixées par le travail et les efforts de nombreuses générations.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans l'application qu'il fait des principes que nous venons d'exposer à la monographie des Capparidées ligneuses: une monographie de ce genre ne saurait guère se résumer et nous entraînerait trop loin.

Observations sur les Loranthacées; par M. M. Treub[1]. (*Ann. du Jard. Bot. de Buitenzorg*, vol. III ; Leide, 1882, pag. 1-9, et pl. I-II. Voy. aussi *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, tom. XIII, pag. 250.)

Le *Viscum articulatum* Burm. se trouve fréquemment à Buitenzorg (Java) ; la fleur femelle présente deux feuilles carpellaires qui ne sont pas creusées en gouttière et réunies par leurs bords, mais seulement soudées par le parenchyme de leurs faces supérieures planes. C'est aux dépens de l'assise sous-épidermique de ces feuilles carpellaires soudées que se forment les cellules mères des sacs embryonnaires ; elles sont presque toujours reconnaissables de bonne heure ; pourtant M. Treub n'a pas réussi à découvrir de relation entre leur nombre et leur position, et les carpelles. La cellule mère se divise en deux cellules filles ; contrairement à ce qui se passe dans le *Loranthus sphærocarpus*, c'est la cellule fille inférieure qui se transforme en jeune sac embryonnaire, tandis que la supérieure se résorbe, l'inférieure dédouble son noyau ; arrivé à cet état, un seul sac embryonnaire se développe (tandis que dans le *Viscum album* il y en a le plus souvent deux). L'auteur y a trouvé jusqu'à trois antipodes, sans pouvoir cependant constater toujours leur présence ; vers le sommet du sac, il a vu aussi une vésicule embryonnaire et deux synergides, sans oser affirmer pourtant d'une façon positive que le développement de ce sac rentre dans la règle posée par M. Strasburger.

A la suite de la fécondation, il se forme un suspenseur très court.

L'étude de cette espèce confirme pleinement que, comme M. Van Tieghem l'a fait connaître pour le *Viscum album*, il n'y a ni ovules ni placenta dans ces plantes, mais seulement des sacs embryonnaires. Dans le Gui, ces sacs correspondent encore à chaque feuille carpellaire ; ici ils sont épars dans la masse du tissu de ces feuilles.

---

[1] Voy. *Revue des Sc. nat. de Montpellier*, 3e série, tom. I, pag. 221.

Digitized by Google

Notes sur l'embryon, le sac embryonnaire et l'ovule; par M. M. Treub. (*Ann. du Jard. Bot. de Buitenzorg*; Leide, 1882, vol. III, pag. 76-79, et pl. XIII-XV.)

On se rappelle les intéressants résultats publiés en 1879 par M. Treub sur l'embryogénie des Orchidées.

Le même savant a étudié, à Java, quelques nouvelles espèces dont le développement confirme pleinement les vues qu'il exposait il y a trois ans. Les cellules du suspenseur du *Peristylus grandis* se prolongent comme celles de toutes les Ophrydées étudiées antérieurement et forment des digitations de diverses formes destinées à enlever aux funicules et au placenta les matières nutritives qu'ils renferment.

Les *Avicennia* (Verbénacées) ont un nucelle fort peu développé; il se compose presque uniquement de la cellule primordiale et de l'épiderme qui la revêt. Après qu'une segmentation transversale s'est produite dans la cellule primordiale, la cellule fille inférieure devient le sac embryonnaire, l'autre se divise d'une façon irrégulière. Bien avant la fécondation, l'épiderme du nucelle a complètement disparu. Le sac embryonnaire est occupé par l'albumen; pourtant une grande cellule du sac se distingue de toutes les autres dès le début; M. Treub lui donne le nom de *cellule cotyloïde*. De bonne heure elle s'avance d'un côté hors du micropyle; de l'autre, elle s'allonge, s'élargit et se ramifie démesurément, minant l'ovule en tous sens; elle entre dans le placenta, où ses digitations entourent de tous côtés le faisceau axile. Cette cellule remplit la fonction de suçoir; elle absorbe les matières nutritives répandues dans le placenta et dans l'ovule; elle n'est jamais ramifiée, mais présente un grand nombre de noyaux.

Étude comparée sur les tubes cribreux; par M. Ed. de Janczewski. (*Mém. de la Soc. des Sc. nat. et Math. de Cherbourg*, tom. XXIII, 1881.)

Le savant professeur de l'Université de Cracovie s'efforce, dans cet important mémoire, d'éclairer l'histoire de ces éléments particuliers découverts en 1837 par Hartig au milieu de la partie libérienne du faisceau vasculaire, et connus depuis sous le nom de tubes cribreux ou vaisseaux grillagés.

On sait depuis plusieurs années qu'ils existent dans les faisceaux des *cryptogames vasculaires*, mais la connaissance de leur structure était encore bien imparfaite. L'auteur démontre leur présence dans le liber de tous les genres et de toutes les espèces de ce groupe qu'il a étudiées.

Digitized by Google

Le genre *Isoetes* est le seul qui laisse encore quelque doute à cet égard.

Leur présence est absolument caractéristique pour le liber des cryptogames vasculaires. L'auteur établit leur complète homologie avec les tubes cribreux des phanérogames, bien que, contrairement à l'opinion en faveur jusqu'ici, ils soient complètement imperforés. Ils constituent souvent à eux seuls tout le liber de ces plantes ; ils sont généralement prismatiques et se terminent par des cloisons, tantôt horizontales, tantôt plus ou moins obliques. Quelle que soit son épaisseur, la membrane de ces tubes est toujours plus ou moins richement munie de pores qui correspondent aux cribles des phanérogames, mais demeurent toujours imperforés. Le passage de la membrane épaissie du tube à la membrane du pore est brusque ou insensible, et c'est pour cela que les pores peuvent être bien accentués, à peine reconnaissables lorsqu'on les examine de face. Dans le *Pteris aquilina*, les ouvertures du crible imperforé sont comblées par une substance calleuse, tout à fait exceptionnelle chez les cryptogames vasculaires.

Les tubes cribreux existent aussi chez les *Gymnospermes* ; ils y sont perforés, mais dépourvus d'enveloppe calleuse, uniquement constitués par la cellulose. A un âge avancé, ils sont ordinairement oblitérés par suite de la pression exercée sur eux par le parenchyme libérien ; leur contenu, limpide et dépourvu de substances organisées, passe à travers les cribles complètement débarrassés de substance calleuse.

Chez les *Monocotylédones*, l'étude des tubes cribreux, lorsqu'il s'agit d'en suivre l'évolution complète, présente de grandes difficultés dans les pays du Nord, en raison du petit nombre des plantes de ce groupe qui possèdent des tiges vivaces. M. de Janczewski a pu néanmoins y découvrir des faits nouveaux d'un haut intérêt. Ici la perforation du crible n'a pas lieu par la dissolution totale du Callus, mais par sa condensation et parce que le protoplasma perce la substance calleuse dans toute son épaisseur. Lorsqu'ils sont ouverts et en communication les uns avec les autres, les tubes cribreux des Monocotylédones contiennent un protoplasma pariétal, vivent par conséquent et sont actifs. Pendant cette période, le crible s'oblitère en automne pour se rouvrir au printemps.

Chez les *Dicotylédones*, les tubes cribreux ont la même origine et le même mode de développement que chez les Monocotylédones. Dans les deux cas, ils sont d'abord fermés, et s'ouvrent par la pénétration du protoplasma à travers leur membrane. Beaucoup d'entre eux se ferment à l'automne pour se rouvrir au printemps.

Quel que soit le groupe où on étudie ces éléments anatomiques, on les trouve toujours formés de cellulose pure.

Digitized by Google

Le développement des cellules spiralées; par M. L. Mangin. (*Ann. Sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, tom. XIII, pag. 208, et pl. I.)

On sait depuis longtemps qu'il existe des cellules spiralées, isolées au sein du parenchyme de la tige ou des feuilles de certaines plantes.

Leur développement peut se rattacher, d'après M. Mangin, à deux modes différents.

Dans les *Crinum*, les cellules spiralées se développent dans les lacunes du parenchyme à la façon des poils internes de certaines plantes, et l'existence de ces cellules est liée à l'existence de méats qui favorisent leur développement.

Chez les *Nepenthes*, le parenchyme où apparaissent ces cellules reste toujours compact ou ne présente que de petits méats; elles s'y forment aux dépens de certaines cellules qui s'agrandissent sans se cloisonner et dont la membrane s'épaissit ensuite. On peut rattacher ce mode de développement à celui des cellules scléreuses de certaines Aroidées, et l'analogie de ces deux formations est rendue plus frappante par l'examen des *Salicornia*, où les cellules spiralées du *S. fruticosa* sont remplacées par des cellules scléreuses chez le *S. macrostachya*.

Sur quelques cuticules fossiles; par M. R. Zeiller. (*Ann. Sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, tom. XIII, pag. 213, avec 3 pl.)

L'auteur a eu la bonne fortune d'étudier des échantillons de charbon feuilleté provenant du bassin houiller de la Russie centrale. Il a reconnu que ces feuillets élastiques ne sont autre chose que des cuticules fossiles appartenant au *Bothrodendron punctatum* Lindl. et Hutton, qu'il faut rattacher probablement aux Lépidodendrées.

La matière charbonneuse interposée n'est pas de la houille, mais de l'acide ulmique, soluble, à une température peu élevée, dans l'ammoniaque et la potasse.

M. Zeiller a trouvé aussi, dans le terrain jurassique, des cuticules fossiles d'une curieuse fougère, le *Cycadopteris Brauniana* Zigno; elles présentent ceci de particulier que les stomates y sont logés au fond de cryptes analogues à celles du Laurier-rose, fait isolé jusqu'à présent chez les fougères.

Le *Frenelopsis Hoheneggeri* Schenk, conifère du terrain crétacé du midi de la France, présente aussi de singuliers stomates, assez voisins de ceux des Marchantiées.

Digitized by Google

Sur une nouvelle catégorie de plantes grimpantes ; par M. M. Treub. *Ann. du Jard. Bot. de Buitenzorg*, vol. III; Leide, 1882, pag. 44-76, et pl. VII-XII)

Il s'agit de plantes grimpantes pourvues de crochets irritables. Les unes, comme chez les *Uncaria* (Rubiacées), sont des pédoncules modifiés ; ils se fixent avec une facilité et une force remarquables et subissent à la suite de la fixation un épaississement considérable.

Dans les *Ancistrocladus*, type tout particulier étudié dès 1849 par M. J.-E. Planchon, et dont la position est encore bien douteuse, ils sont formés par les rameaux d'un sympode successivement atrophiés à droite et à gauche, mais qui dans le jeune âge portent des feuilles rudimentaires à leur extrémité.

Dans les *Artabotrys*, ces crochets sont des rameaux florifères. Ce sont encore des rameaux dans les *Luvunga* (Aurantiacées), et dans les *Olax* (Olacinées).

Sur les urnes du Dischidia Rafflesiana; par M. M. Treub. (*Ann. du Jard. Bot. de Buitenzorg*, vol III; Leide, 1882, pag. 13-37, et pl. III-V.)

Le genre *Dischidia* (Asclépiadées) est remarquable en ce que quelques espèces sont ascidifères, tandis que d'autres ne présentent aucune trace d'urne. Le *D. Rafflesiana* est une plante essentiellement épiphyte ; il est probable qu'elle ne touche jamais le sol.

Les urnes sont morphologiquement des limbes foliaires ; la surface interne de l'urne correspond à la face inférieure de la feuille, la surface externe à la face supérieure.

Les ascidies de cette plante ne sont aucunement carnivores ; en face des observations toutes négatives que l'auteur a faites dans ce sens, il n'hésite pas à considérer ces organes comme destinés à réaliser pour la plante une double épargne d'eau, en recevant l'eau des pluies que des racines adventives absorbent ultérieurement; d'autre part en recueillant le produit de la transpiration qui protège et alimente probablement aussi ces racines.

Fanerogamer fran Novaja Semlja, Wajgatsch och Chabarova ; par MM. Fr. Kjellman et Lundström, avec 2 pl. (Extrait do *Vega-expedit. vetensk. lakttag*, vol. I ; Stockholm, 1882.)

Les expéditions suédoises dirigées successivement par M. Nordenskiöld au nord de l'Asie ont considérablement étendu nos connaissances de la flore de la Nouvelle-Zemble et des terres voisines.

Digitized by Google

La plupart des points explorés par MM. Kjellman et Lundström ne l'avaient pas encore été au point de vue botanique, circonstance qui ajoute beaucoup d'importance à leurs découvertes.

Trente-six espèces ou variétés nouvelles pour la Nouvelle-Zemble, quarante-neuf pour l'île de Waïgatsch, constituent un total très considérable si l'on considère la grande pauvreté relative de ces régions déshéritées. On ne connaissait guère jusque-là que cent plantes phanérogames aux îles de la Nouvelle-Zemble.

Parmi les espèces nouvelles que les savants voyageurs y ont recueillies, signalons: *Campanula rotundifolia* form. *linifolia, Rubus Chamæmorus, Comarum palustre, Halianthus peploïdes.*

Deux *Glyceria* nouveaux, le *G. tenella* Lge et le *G. Kjellmani* Lge, sont figurés à la suite du catalogue complet de cette flore.

En même temps qu'il publiait cet intéressant mémoire en collaboration avec M. Lundström, M. Kjellman, ayant seul pris part à l'expédition de *la Véga* en 1878-80, fournit une série d'études sur la flore et la distribution géographique des plantes phanérogames sur les côtes de la Sibérie asiatique. Les voyages antérieurs et la connaissance profonde qu'il y a acquise de la flore arctique, l'immense étendue de pays sur laquelle il a porté son attention, ajoutent un grand intérêt à ces travaux; qu'il nous suffise de dire que, depuis les travaux de sir Joseph Hooker sur les flores polaires, rien d'aussi important ne nous paraît avoir été fait sur cette question. Ajoutons que les données fournies par les longues recherches des savants suédois ne confirment pas du tout l'opinion du savant professeur anglais sur l'origine américaine des flores arctiques. Nous aurons l'occasion de revenir ultérieurement sur ce sujet.

Om Algvegetationen i det Sibiriska Ishafvet; par M. Fr. Kjellman. (*Vega-exped. Vetensk. Iakttag.* vol. I; Stockholm, 1882.)

Les côtes de la Sibérie asiatique présentaient, au point de vue de la flore marine, un intérêt tout particulier, dû surtout à la grande quantité d'eau douce qui y est sans cesse apportée par les grands fleuves de l'Asie. Au moment où l'expédition de *la Véga* fut entreprise, on ne connaissait avec certitude aucune algue provenant de cette immense région.

Les recherches poursuivies par M. Kjellman pendant ce voyage nous apprennent que les algues existent en beaucoup de points le long de la côte; elles appartiennent presque toutes à la région sublittorale. Dans les régions plus profondes, qui ont été le mieux étudiées, M. Kjellman n'a trouvé que les *Lithothammion polymorphum*, *Phyllophora interrupta*

Digitized by Google

et une Phœosporée, le *Lithoderma fatiscens*. La région littorale est presque dépourvue de végétation ; on n'y trouve guère que l'*Enteromorpha compressa* et l'*Urospora penicilliformis*, connues déjà sur d'autres points de la mer polaire. Aucune Fucacée n'a été trouvée entre les bouches de l'Yénisséi et le voisinage du détroit de Behring. Mais à mesure qu'on s'approche de ce point, la flore marine devient moins pauvre.

Les espèces les plus abondamment répandues, sont : *Polysiphonia arctica*, *Rhodomela tenuissima*, *R. subfusca*, *Sarcophyllis arctica*, *Phyllophora interrupta*, *Sphacelaria arctica* et *Phlœospora tortilis*.

Le genre *Laminaria* y est représenté par quatre, le genre *Alaria* par deux espèces. Les exemplaires de Laminaires dépassaient quelquefois 2 mètres de longueur.

La région qui s'étend à l'O. du cap Tscheljuskin est notablement différente de la région située à l'E. de ce cap.

La flore des côtes de la Sibérie occidentale se rapproche beaucoup de celle du Spitzberg et de la Nouvelle-Zemble. Celle des côtes de la Sibérie orientale laisse déjà entrevoir l'influence de l'océan Pacifique, surtout par la prédominance des grandes Fucacées.

En résumé, M. Kjellman a récolté 35 espèces, dont 12 Floridées, 16 Fucacées, 6 Chlorosporées, 1 Phycochromacée ; ce n'est pas plus de la moitié de ce qu'on connaissait dans la mer Blanche et les mers du Spitzberg.

Les progrès en Médecine par l'expérimentation ; par **M. H. Bouley**. *Cours de pathologie comparée professé au Muséum en* 1880-81. Paris, Asselin et Cie.

Bien que l'ensemble du livre de M. Bouley n'ait avec la connaissance des plantes aucune relation directe ; bien que l'histoire de la gale et de la cachexie aqueuse du mouton sortent complètement du cadre de nos études ; bien que les liens existant entre une foule de maladies parasitaires et les organismes végétaux microscopiques soient encore dans la plupart des cas fort obscurs, nous ne pouvons pas passer sous silence cet important ouvrage, que nous pouvons considérer comme un exposé méthodique et critique des faits si nombreux dévoilés depuis un quart de siècle sur les maladies parasitaires.

Nous laisserons de côté les intéressants chapitres qui traitent de la morve, de la variole, de la vaccine jennérienne et de son origine, du choléra des poules, de la rage, de la pébrine et de la flacherie. Nous y rencontrerions encore beaucoup d'incertitude qu'un avenir prochain dissipera sans doute. Le lecteur y trouvera de nombreux enseignements d'une haute portée, et nous ne saurions assez recommander la lecture de ces

Digitized by Google

pages à tous ceux qui désirent acquérir l'esprit de la méthode scientifique.

Nous nous arrêterons seulement sur quelques-unes de ces savantes leçons relatives à l'infection charbonneuse, pour en résumer l'histoire, et montrer en même temps par quelle suite d'efforts la science actuelle a pu fournir à la médecine et à l'art vétérinaire les moyens de garantie dont nous disposons aujourd'hui.

La maladie connue sous le nom de *charbon* sévit de temps immémorial sur les moutons dans diverses régions de l'Europe, notamment dans la Brie et la Beauce.

La Beauce, région très fertile et très productive, perd annuellement, par le fait de cette terrible maladie, 20 0/0 environ de sa population ovine. Cette perte n'est pas inférieure à 7 ou 8 millions.

Le charbon exerce depuis fort longtemps ses effets. Dans les anciens Traités, il est signalé sous les divers noms de pisse-sang, de sang, de coup de sang, de maladie du sang, de sang de rate. Dans ces appellations diverses, on retrouve toujours cette idée dominante : que le siège de la maladie est le sang, et que la mort résulte de l'altération qu'il a subie.

Le sang est noir et épais; il coule comme une gelée fluide ; l'ensemble des tissus est très foncé ; la rate surtout est noire, gonflée, flasque, irrégulièrement bosselée à sa surface.

M. Delafond, chargé en 1842 d'étudier la maladie du sang, dépourvu des moyens de recherche que les progrès de la science ont créés, et se fondant sur la seule observation des symptômes et des conditions extérieures, conclut de ses recherches que la maladie du sang est la conséquence d'un excès de sang et surtout d'une prédominance des globules rouges dans ce liquide. Cette opinion, il la fonde sur la croyance d'une partie des éleveurs, sur le fait que les animaux les plus jeunes et les plus forts sont le plus fréquemment atteints, sur la richesse tout exceptionnelle du sol dans les régions où la maladie fait le plus de victimes, sur la nature même des symptômes.

Il en déduit logiquement que les moutons doivent être soumis à un régime moins fortifiant.

Un fait signalé par Delafond aurait dû pourtant l'éclairer. C'est la manifestation de la pustule maligne, observée sur les personnes qui dépouillent les animaux morts de la maladie du sang ; il ne trouve, pour l'expliquer, que des causes étrangères en réalité à la maladie, des gaz malfaisants émanés des bergeries et pouvant amener une asphyxie lente, etc.

L'opinion de Delafond rencontra une résistance naturelle de la part de ceux qui voyaient tous les jours la maladie évoluer sous leurs yeux. En 1852, l'Association médicale et vétérinaire d'Eure-et-Loir présenta

Digitized by Google

à l'Académie de Médecine un rapport mémorable, dans lequel est démontrée la nature contagieuse de la maladie du sang et l'identification du sang de rate du mouton, de la fièvre charbonneuse du cheval, de la maladie du sang de la vache, de la pustule maligne de l'homme. Ce mémoire démontre qu'il n'y a là qu'une même maladie, à formes variables, mais une dans son essence.

Comment l'Association d'Eure-et-Loir est-elle arrivée à ce résultat? Par l'inoculation. Du même coup, elle avait identifié les diverses formes de la maladie, montré qu'elles se reproduisent avec leurs caractères propres du mouton sur l'homme, sur le cheval, sur le bœuf, sur le lapin, et réciproquement.

Elle démontrait, en outre, que la virulence est due à un être organisé qui se retrouve dans tous les organes des animaux infectés, où qu'on le puise ; que l'activité de cet être virulent ne s'atténue pas par des inoculations successives; que tous les organismes n'en peuvent subir les effets; que le mouton lui constitue le milieu le plus favorable, qu'après lui viennent par ordre d'aptitude le lapin, le cheval, la vache (on sait aujourd'hui qu'elle peut aussi atteindre le porc) ; que la maladie se transmet surtout par transfusion, quelquefois par contact, plus rarement par cohabitation.

Les découvertes récentes n'ont en rien modifié les données acquises en 1852 par une expérimentation rigoureuse. Des efforts de Delafond, efforts tout de raisonnement et de simple observation, il ne restait rien.

L'être, cause déterminante de la maladie, est une bactérie spécifiquement bien connue, à laquelle on a donné le nom de *Bacillus anthracis*. C'est dans le sang des animaux malades qu'elle se multiplie et se propage à l'infini ; elle s'y présente sous forme de bâtonnets courts et raides dont les caractères morphologiques ont été fort bien décrits par M. F. Cohn, de Breslau.

Veut-on étudier ses propriétés physiologiques, il faut alors la cultiver dans un liquide homogène ; M. Pasteur considère l'urine neutre ou un peu alcaline comme lui convenant le mieux. Dans ce milieu artificiel, la bactérie du charbon, la bactéridie, comme on la nomme vulgairement, se multiplie sous une forme nouvelle ; les cellules qui la constituent, au lieu de se séparer aussitôt après s'être segmentées, forment de longs filaments enchevêtrés, cotonneux, à articles plus allongés que dans le sang.

Dans le sang des animaux malades ou récemment morts, on ne trouve jamais de spores ; mais dans les cultures artificielles, surtout dans les parties les plus accessibles à l'air, on voit chaque article des filaments

Digitized by Google

allongés former une petite spore ovoïde brillante, autour de laquelle la paroi de la cellule primitive ne tarde pas à se résorber. Ces spores tombent alors au fond du vase de culture.

A l'état de vie active, la bactéridie est essentiellement aérobie, elle consomme une quantité considérable d'oxygène et le remplace par un volume à peu près égal d'acide carbonique. Si l'air lui manque, elle meurt; à l'état de spores, elle supporte plus facilement l'absence d'oxygène, ce dont on ne saurait s'étonner.

Quelle est donc son action sur l'organisme ? Les admirables travaux de M. Pasteur nous ont appris tous les détails de sa vie et de son évolution, et des phénomènes qui l'accompagnent dans l'organisme infecté.

Nous savons déjà que c'est dans le sang que la bactéridie se développe; être aérobie avant tout, nous devons nous attendre à la voir enlever au sang son oxygène. Mais, en s'y introduisant, elle y trouve des éléments anatomiques, des globules rouges, cellules vivantes qui ont une grande affinité pour l'oxygène et qui vont le lui disputer. La lutte pour l'existence s'engage entre les deux organismes. Cette lutte s'engage fréquemment, non seulement entre deux organismes hétérogènes comme le globule du sang et la bactéridie, mais entre des organismes de même ordre, entre différentes formes de bactéries. La victoire est alors au plus fort.

Dans le cas du mouton et dans les conditions ordinaires, la bactéridie l'emporte toujours, parce que le sang, privé de son oxygène, ne peut plus nourrir les tissus ; en même temps, la circulation se ralentit par l'épaississement graduel du sang aussi bien que par des embolies capillaires.

Il est très important de signaler ici ce fait très remarquable de l'inaptitude des moutons d'Algérie à subir les effets de la bactéridie, alors que les moutons de France n'y échappent pas ; il n'est pas moins intéressant de constater que, dans les races réfractaires, les jeunes sujets ne le sont pas. Ces deux faits nous montrent combien un organisme peut différer d'un organisme d'ailleurs tout voisin au point de vue de la lutte dont nous parlions tout à l'heure ; sans entrer ici dans de plus longs détails sur ce point, qu'il nous suffise de penser que dans certaines conditions il suffira de favoriser un peu l'un des deux organismes pour lui assurer la victoire.

C'est ce qu'a réalisé M. Pasteur dans une expérience justement célèbre. On sait depuis longtemps que les oiseaux sont réfractaires au charbon ; leur température ordinaire dépasse de 5 degrés celle des mammifère : selle est de 42°. Or, à cette température, la bactéridie se développe très péniblement. Les oiseaux ne doivent-ils pas leur immunité à cette température plus élevée ? L'expérience répond affirmativement à cette question.

Digitized by Google

Si on plonge dans de l'eau à 25° les pattes d'une poule inoculée, ce qui abaisse en peu de temps la température de son corps jusqu'à 37 ou 38°, elle meurt en vingt-quatre ou trente-six heures, complètement envahie par la bactéridie et avec tous les symptômes que présentent les mammifères; tandis qu'une autre poule témoin, maintenue dans les conditions normales, ne subit aucun effet de l'inoculation.

Fait plus remarquable encore : si l'on prend la poule refroidie et inoculée avant que le parasite ait envahi tout l'organisme et si on la réchauffe, elle se rétablit peu à peu.

Mais la bactéridie forme des spores dont l'apparition et la présence doivent nécessairement intéresser la question qui nous occupe. Nous savons qu'on ne trouve pas ces spores dans le sang d'un animal vivant ou mort depuis peu. Il en est autrement d'un sang charbonneux qui demeure au contact de l'air en dehors du corps. Les bactéridies s'y résolvent en une quantité énorme de spores que M. Pasteur a retrouvées répandues en quantité considérable partout où les animaux morts du charbon ont été enfouis; ces spores conservent leur vitalité pendant de longues années, car on en a retrouvé de vivantes sur le sol où des enfouissements avaient eu lieu douze ans auparavant.

Ce fait nous révèle aussi que l'enfouissement des animaux morts constitue l'un des plus grands dangers de contagion. Apportées à la surface par les vers de terre, par les labours, elles sont transportées par les vents à l'état de poussières, déposées sur les plantes qui servent de pâture aux troupeaux, répandues sur le sol que les moutons ont l'habitude de flairer continuellement; les spores arrivent par là dans le tube digestif et dans les voies respiratoires, et profitent de la moindre lésion pour pénétrer dans l'organisme, germent aussitôt et se reproduisent à l'infini, en reproduisant tous les symptômes ordinaires de la maladie.

Voilà l'histoire de la bactéridie telle que les découvertes récentes nous permettent de la tracer. Elle nous suffit déjà pour saisir la nature des précautions qu'il faut prendre pour empêcher l'envahissement ou la propagation de la maladie; mais on est allé plus loin.

En poursuivant ses recherches sur le choléra des poules, M. Pasteur reconnut que le microbe virulent, cause de cette maladie, est constamment dépourvu de spores; si on abandonne pendant un certain temps à elle-même, au contact de l'air, une culture artificielle de ce microbe, le microbe finit par mourir, par suite d'épuisement du milieu nutritif. Mais avant ce moment il possède une virulence atténuée et qui peut être reproduite par la culture avec son degré d'atténuation. Un peu plus tôt, sa virulence est plus forte, et ainsi de suite jusqu'à la virulence initiale. Voilà donc un virus doué d'une telle puissance qu'à la dose la plus minime il

Digitized by Google

donnait infailliblement lieu à des accidents mortels : autant d'animaux piqués par une aiguille trempée dans le sang d'un malade, autant de morts; c'est ce virus qui par son atténuation peut être transformé en un véritable vaccin, qui devient un préservatif contre ses propres atteintes, en donnant aux animaux qu'il atteint l'immunité qui suit son invasion. Ce qu'il y a, dans toute cette série de découvertes, de plus inattendu, c'est que, suivant l'expression de M. Bouley, « le microbe atténué peut » faire souche de microbes dans lesquels l'énergie de la virulence se » trouve contenue dans les limites mêmes où elle a été réduite chez les » ascendants, et qu'il est possible de constituer des races spéciales de » microbes, pour ainsi dire assujettis, j'allais preque dire *domestiqués*, » appropriés aux usages de l'homme ! »

Or, ce que M. Pasteur a fait pour le choléra des poules, M. Toussaint l'a entrepris pour la bactéridie. S'inspirant des idées du maître, M. Toussaint s'est appliqué à rechercher si l'on ne pourrait pas rendre le charbon *inoculable*, comme le choléra des poules, dans une mesure qui demeurât compatible avec la vie, de manière que l'organisme fût sauvegardé par une première atteinte de la maladie devenue bénigne, contre les attaques, graves jusqu'à la mort, de cette maladie, quand elle est contractée par les voies ordinaires de la contagion.

En soumettant à l'action d'une température de 55° le sang charbonneux défibriné, M. Toussaint a réussi à destituer les bactéridies de l'excès de leur énergie et à les transformer en agents d'une virulence modérée, ne traduisant leurs effets que par une fièvre charbonneuse légère, à la suite de laquelle l'immunité est acquise.

Le même résultat a été obtenu par le mélange du sang charbonneux défibriné avec de l'acide phénique, dans la proportion de 10 0/0. L'acide phénique, comme la chaleur, exerce sur la bactéridie une action altérante, insuffisante pour la tuer, qui rend sa présence compatible avec la conservation de la vie de l'animal auquel on l'inocule. Ces deux résultats, malgré leur importance capitale, ne pouvaient être définitifs.

M. Pasteur reprit lui-même la question en collaboration avec MM. Chamberland et Roux, et rendit compte des résultats obtenus dans la séance de l'Académie des Sciences du 28 février 1881.

Il s'agit avant tout d'atténuer la vitalité de la bactéridie, de façon à en atténuer les effets nuisibles, tout en garantissant l'organisme contre une nouvelle atteinte. On ne pouvait songer à atteindre ce résultat par un procédé identique à celui qui avait été employé pour le choléra des poules, car la formation des spores qui se produit dans la bactéridie dès que les conditions de vie lui sont défavorables, vient singulièrement

Digitized by Google

compliquer le problème. L'air ne les empêche pas de se former ; le temps ne les altère pas et n'en diminue pas la virulence.

Mais si l'on pouvait empêcher la formation des spores tout en atténuant la virulence du microbe, le problème serait résolu. C'est ce qu'a réalisé M. Pasteur.

Voici comment : La bactéridie ne se cultive pas au-dessous de 16°. A cette température, elle ne peut arriver à son complet développement ; elle ne forme pas de spores. L'influence des températures les plus élevées compatibles avec leur culture produit le même résultat.

A 45°, la bactéridie ne se cultive plus dans le bouillon neutre de poule, tandis que sa culture y est rapide et abondante de 42 à 43° ; mais les spores ne s'y forment pas.

Cultivée à cette température au contact de l'air pur, la bactéridie ne se multiplie que par scissiparité et ne le fait pas au delà d'un mois. Au bout de ce temps, elle meurt. Mais après huit jours déjà elle a, quoique vivante, perdu toute sa virulence, et ne peut plus l'exercer même sur les animaux pour lesquels elle a le plus d'aptitude.

Bien plus, cette atténuation obtenue par l'artifice de la culture en liquide chaud peut devenir un caractère de race : la bactéridie affaiblie peut faire souche ; cultivée ensuite dans un liquide à la température ordinaire, elle devient apte à produire des spores qui ont exactement le degré de virulence de la bactéridie atténuée dont elle provient.

Le virus charbonneux devient ainsi un virus vaccinal contre le charbon, au moyen duquel on peut donner aux moutons, aux vaches, aux chevaux, une fièvre charbonneuse atténuée, compatible avec leur vie et capable de les préserver ultérieurement de la maladie mortelle.

Peut-on, par un procédé quelconque, ramener la bactéridie à son degré primitif de virulence ? Oui, répond M. Pasteur ; on le peut par des cultures successives appropriées au degré de virulence actuel de la bactéridie à laquelle on veut rendre sa virulence initiale ; dans ces conditions, elle retrouve *peu à peu* sa faculté de pullulation dans les milieux organiques, faculté qu'elle avait en grande partie perdue. La bactéridie remonte lentement la pente le long de laquelle elle était descendue.

Pourrait-on citer un plus remarquable exemple de ce que peut la méthode expérimentale, et les longs détails sur lesquels nous venons d'insister ne devraient-ils pas assurer d'une façon absolue la victoire de l'expérience sur le raisonnement, si trompeur quand le moindre détail nous écarte de la vérité !

Digitized by Google

RÉUNION EXTRAORDINAIRE

DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE A FOIX

(ARIÈGE)

DU 17 AU 27 SEPTEMBRE 1882.

La session que la Société géologique de France vient de tenir à Foix, sous la présidence de M. Hébert, a mérité plus qu'aucune de celles des années précédentes sa qualification d'extraordinaire, grâce au concours insolite d'un nombre considérable de notabilités étrangères, réunies pour les travaux de la Commission géologique internationale.

MM. Beyrich et Hauchecorne, de Berlin; de Moeller, de Saint-Pétersbourg; Blanford, de Calcutta; Zittel, de Munich; Siegen, du Luxembourg; Capellini, de Bologne; Giordano, de Rome; Hughes, de Cambridge; Dewalque, de Liège; Mayer, de Zurich; Renevier, de Lausanne ; Villanova, de Madrid, s'étaient rendus, en dépit de la distance, au rendez-vous assigné l'an dernier, et par leur présence et leur précieuse participation aux courses et aux séances de la Société, ont transformé sa réunion en vraie session de Géologie internationale.

La France comptait parmi ses représentants les plus autorisés, MM. Hébert, Lory, Gosselet, l'abbé Pouech, ce vénérable pionnier de la géologie ariégeoise ; une quarantaine de disciples et d'adeptes s'étaient groupés autour de ces chefs, en sorte que le nombre et l'autorité des assistants, l'intérêt des terrains visités, les conditions toutes particulières de coupes préparées avec soin et des bons aménagements matériels disposés par M. de Lacvivier, notre guide si compétent dans ces régions si difficiles, tout a contribué à donner à la réunion de cette année un caractère exceptionnel.

Nous mentionnerons encore, pour surcroît de circonstances favorables, le soin qu'avait pris le savant Professeur de la Sorbonne d'extraire de ses collections les principaux réprésentants des faunes de la région, déterminés par lui-même, autour desquels étaient venus se ranger, dans les vitrines de la Société d'Histoire naturelle de l'Ariège, des échantillons de premier

Digitized by Google

choix recueillis par de zélés amateurs, professeurs au Collège, MM. Ambayrac, Bastian, et par M. Grégoire, avocat.

On n'a pas tous les jours l'occasion d'étudier le terrain en si savante compagnie, et de féconder les observations locales par des comparaisons sorties de bouches aussi accréditées ; ces communications réciproques, cet enseignement mutuel où la bienveillance et l'aménité des rapports confondaient pour un moment maîtres et disciples, doublaient pour chacun le charme et le profit des excursions, en même temps qu'ils consacraient à nouveau, d'une façon éclatante, le grand fait de l'identité, à travers l'espace, des phénomènes physiques et organiques dont l'observation fait l'objet de la géologie ; roches et fossiles ont plus d'une fois révélé ces traits merveilleux d'identité, en dépit du temps et des distances ; des organismes à peine accentués, de forme et de nature encore discutées, se sont montrés dans ces lieux reculés des Pyrénées, revêtus des mêmes traits, occupant la même place que dans les contrées les plus orientales; et il n'est pas jusqu'à des accidents pétrographiques, développés tout au plus sur quelques millimètres d'épaisseur, qui n'aient rappelé des similarités dans les régions les plus éloignées.

Toutefois, des faits non moins remarquables de localisation, expression nouvelle de ces antinomies que la nature semble se plaire à présenter dans tous les domaines, n'ont pas fait défaut à l'observation, et ont établi d'une manière non moins probante la réalité de différenciations à une même époque, dans les organismes et dans les sédiments.

Ce cantonnement de conditions de tous ordres devait surtout apparaître à l'occasion des derniers dépôts crétacés, dont les travaux du regrettable Leymerie ont si magistralement mis en relief l'économie spéciale et les curieuses transformations dans nos régions du Sud-Ouest et du Midi ; les dépôts tertiaires ne devaient pas moins frapper par l'étroite dépendance qui relie leur pétrographie à leur situation géographique; placés en France et en Espagne aux pieds de la grande muraille Pyrénéenne, ils traduisent par leur nature les phénomènes hydrographiques dont ils sont les produits : accumulation de cailloux dans les parties voisines de la muraille, amas de matières détritiques de plus en plus atténuées dans les parties plus distantes, vraie bouillie pyrénéenne dans la région déprimée du bassin de la Garonne, ils retracent encore dans leur situation, par rapport à l'horizon, les mouvements successifs qu'a subis la grande chaîne ; l'horizontalité des uns, l'inclinaison des autres, ont permis de fixer la date de son dernier exhaussement.

Ces grands faits géologiques ressortaient comme d'eux-mêmes des mille et une observations de détail auxquelles la Société a eu l'occasion de se livrer ; elles ont porté sur une grande variété de terrains ; on en jugera

Digitized by Google

par l'énumération rapide que nous allons en faire, en suivant l'ordre des plus récents aux plus anciens.

Les moraines, les roches striées, n'ont pas arrêté longtemps la Société; elle s'est bornée à les constater dans les vallées de l'Ariège et du Vic-Dessos et à y constater les caractères ineffaçables du grand agent de transport dont le siège était prochain et dont quelques flaques de neige aperçues à l'horizon sur les hauts sommets, semblaient les derniers représentants.

Le terrain tertiaire s'est présenté à nous sous la forme si locale des poudingues dits de Palassou, et sous celle des dépôts nummulitiques, laquelle, pour être moins localisée, n'en a pas moins un caractère si étrangement propre à la région méditerranéenne : les premiers nous ont montré dans leur épaisseur des parties calcaires et marneuses, indices d'une sédimentation plus calme, dont l'abbé Pouech a fait connaître la faune contemporaine de celle de Montmartre, et à leur base, des couches qui renferment, plus à l'Est, dans l'Aude, une faune de l'âge du calcaire grossier; les seconds formaient l'ancien Épicrétacé de Leymerie : ils sont aujourd'hui rangés à la place qui leur convient dans la série générale des terrains, et reconnus pour une forme régionale de l'Éocène moyen du Nord.

La craie d'Ausseing et les assises qui la surmontent n'ont été, elles non plus, rapportées à leur véritable niveau dans la série générale qu'à une époque très récente : on se rappelle les belles observations de Leymerie à leur sujet; elles étaient bien faites pour surprendre le géologue le plus expérimenté et le jeter en dehors de la série normale adoptée jusque-là pour la succession des faunes et des terrains. Leymerie, comme pour l'Épicrétacé, se crut en face d'un nouveau terme, lequel aurait encore présenté la particularité si curieuse d'offrir une récurrence de faune, l'exemple d'un retour à l'existence d'organismes dejà éteints. Il établit son Garumnien et sa Colonie; aujourd'hui la paléontologie a retrouvé ses droits et la Géologie comparée ses synchronismes ; les prétendus colons sont des nouveaux venus qui inaugurent dans notre Midi des époques déjà reconnues dans le Nord : le Garumnien de Leymerie est devenu le Danien de Desor; disons toutefois que les faits constatés par la Société ne lui ont pas permis d'établir, dès cette session, une ligne définitive de démarcation entre le Danien et le vrai Senonien; l'*Ostrea Verneuilii* en bancs si puissants et la gigantesque Actéonelle dont le poids faisait plier nos bras avides à la recueillir, n'ont pas encore reçu leur place définitive dans la série.

Nous laissons avec intention de côté tout ce qui est relatif aux horizons des Hippurites, constatés par nous, durant la session, dans tant de lieux différents; nous nous bornons ici à un simple procès-verbal, et nous ne cherchons pas matière à discussion ; qu'il nous suffise de dire que nous laissons à M. de Lacvivier, dont les études persévérantes ne pourront

Digitized by Google

manquer de porter fruit, le soin d'établir l'ordre normal de chacun des termes de cette formation si complexe de grès, de marnes et de bancs de rudistes qui se sont si souvent rencontrés sous nos pas, par suite des failles sans nombre qui découpent le pays ; nous ne saurions trop l'engager, pour faciliter sa tâche, à poursuivre ces horizons jusque dans l'Aude, où la succession moins faillée nous paraît avoir été définitivement établie par des travaux récents.

Le Cénomanien nous a fourni un exemple remarquable du profit que retire la Géologie locale des recherches d'amateurs passionnés ; c'est à des Oursins trouvés par M. Ambayrac que la connaissance du Cénomanien est due dans ces contrées ; à ce point de vue, Foix nous a rappelé Semur ; on se rappelle toutes les richesses dont la géologie de l'Auxois est redevable aux Collenot, Bochard et Bréon.

Les difficultés ont été moindres dans l'Ariège pour ce qui touche le Gault et l'Urgonien : le premier s'y montre sous sa forme pétrographique absolument pyrénéenne, mais avec ses fossiles du Nord les mieux caractérisés ; le second, si essentiellement méridional, y présente ses barres escarpées, ses calcaires massifs, ses sections de rudistes ; il est étrange de voir, sur un parcours aussi long que celui qui s'étend entre la Provence et le comté de Foix, des formes orographiques et une pétrographie aussi constantes ; ajoutons que la présence de l'*Ostrea aquila* sous la barre urgonienne transporte dans ces régions occidentales la question, si palpitante pour le massif de la Clape, des rapports de l'Urgonien et de l'Aptien.

Le Jurassique de l'Ariège, avec ses dolomies supérieures, ses brèches, ses rares couches à Nérinées, ressemble peu aux calcaires à *Polyplocus* et à *Moravica* de nos départements occidentaux ; notre Oxfordien en est absent ; le Lias moyen et l'Infralias sont les deux seuls horizons fossilifères qui se font reconnaître au milieu des couches dont la magnésie semble avoir fait disparaître toute possibilité de millésime. L'Infralias avec ses *Avicula contorta* et ses *bactryllium*, comme le calcaire à milliolites avec ses *lithotamium*, ont, grâce aux savantes communications de M. Capellini, relié les horizons les plus lointains de l'Est et de l'Ouest et consacré ce que nous rappelions plus haut : l'identité des phénomènes organiques sur de grandes distances.

Le Trias, substratum du Jurassique, nous a montré ses marnes irisées, ses cornieules et ses gypses : nouveau trait d'unité de formation, celle-ci à travers le globe tout entier, dont les géologues suisses, en particulier, ont tiré si bon profit pour se reconnaître dans les massifs si tourmentés des Alpes. M. Capellini nous a fait retrouver le Verrucano dans des échantillons de volumineux poudingues quartzeux observés hors place, mais que M. de Lacvivier a reconnus pour appartenir à la base du Trias.

Digitized by Google

Ni le terrain Pénéen ni le terrain Carbonifère, ne se sont offerts à nous ; le Devonien, avec ses calcaires griottes, ses calschistes colorés, nous a présenté sa pétrographie familière; la question de savoir s'il ne serait pas mieux de l'appeler Carbonifère supérieur a été réservée.

Le terrain Silurien, dont un mamelon se voit sur les bords de l'Ariège, à Montgaillard, s'est présenté à quelques-uns de nous sous la forme d'ardoises et de schistes quartzeux; quelques empreintes de Graptolites se sont montrées à M. Hughes dans des morceaux transportés et enveloppés dans une brèche que tout concourt à faire cénomanienne.

Les Schistes cristallins et le Granite avec ses apparences d'inclusions, n'ont pas fait défaut à notre écrin géologique. Les Gneiss ont rappelé par leur structure glanduleuse les roches similaires du plateau central; n'oublions pas les calcaires cipolins qui y sont intercalés et qui ont, avec les roches qui les renferment, offert à M. Hughes les caractères du Dimétien ; signalons encore les roches si spéciales aux Pyrénées: l'Ophite et la Lherzolite; l'Ophite, véritable protée déjouant les analyses et en apparence réfractaire à une synthèse pétrographique, dont ni l'âge, ni la nature, ni le rôle, n'ont encore été définitivement précisés.

Mentionnons enfin la Bauxite, ou, pour parler plus correctement, le fer oxydé pisolitique avec sa gangue d'argile rougeâtre, dont la place entre l'Urgonien et le Jurassique supérieur présente dans toute la région de Foix une constance si remarquable, et nous aurons dressé le bilan des faits principaux constatés par la Société dans la session de cette année : résultats désormais acquis, matériaux d'élucidations ultérieures, la Géologie locale en recueillera un large tribut dont ne pourra que bénéficier la Géologie générale.

Nous ne poserons pas la plume sans nous acquitter d'un devoir de gratitude pour l'excellent accueil qui nous a été fait par les Administrateurs du Département et de la Ville et par Messieurs les Magistrats ; M. le Préfet a honoré nos séances de sa présence et nous a adressé des paroles flatteuses de sympathie et de bienvenue ; M. le Maire a bien voulu nous convier tous à particiciper aux fêtes que la ville de Foix donnait à l'occasion de l'inauguration de la statue de Lakanal, et réserver une place d'honneur sur l'estrade et au banquet à notre Président. Le palais de Justice avait été mis à notre disposition, et la salle des assises érigée en salle des séances de la Société. Nous devons aussi des remerciements au cercle de Saint-Girons, qui nous a permis de tenir dans l'un de ses salons notre séance de clôture.

Nos derniers mots seront une nouvelle expression de notre reconnaissance

Digitized by Google

pour les services rendus à ses confrères par M. de Lacvivier, et pour les précieuses leçons d'observation et de pratique géologiques que nous devons à notre Président, M. Hébert. Il y a quelques années, l'Institut consacrait sa notoriété européenne; mais les honneurs du fauteuil académique ne lui ont pas fait délaisser les bancs moins moelleux de l'école ; nous voulons dire de l'école des faits, dans laquelle chaque année, pendant plusieurs mois, avec une humilité digne d'admiration et un opiniâtre labeur, il vient épeler quelques pages du Grand Livre, et amasser les documents qui lui permettent de continuer l'œuvre stratigraphique des Brongniart et des d'Orbigny, pour la plus grande gloire de la Géologie française, dont il est tout ensemble l'éminent représentant, l'ouvrier infatigable et, sans conteste, l'interprète le plus dévoué et le plus bienveillant.

P. DE ROUVILLE.

L'Éditeur-Gérant : CHARLES BOEHM.

MONTPELLIER. — TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE DE BOEHM ET FILS

Digitized by Google

Digitized by Google

MÉMOIRES ORIGINAUX.

DE LA

SPERMATOGÉNÈSE CHEZ LES NÉMERTIENS

Par Armand SABATIER.

L'étude de la Spermatogénèse présente de réelles difficultés qui proviennent de plusieurs causes. Comme tous les phénomènes qui touchent aux transformations, aux modifications cellulaires, les phénomènes de la spermatogénèse exigent en effet l'emploi de moyens d'étude et de méthodes d'observation variés et perfectionnés. Les contradictions qui existent entre les résultats obtenus par des observateurs également expérimentés, prouvent suffisamment combien l'observation est difficile et demande un œil rompu à l'examen microscopique et un esprit formé à la coordination des faits recueillis. En outre, les phénomènes de la spermatogénèse se passent presque toujours dans des organes profondément situés et cachés dans les régions centrales de l'organisme. On ne peut donc les observer très généralement que sur des parties arrachées à l'organisme, dépourvues de vie, et ayant subi des préparations susceptibles de les altérer plus ou moins.

Une autre difficulté de l'étude de la spermatogénèse est une conséquence de l'intermittence de cette fonction chez la grande majorité des animaux et de la durée limitée de ses phénomènes. A ce point de vue comme à bien d'autres, l'étude de la spermatogénèse peut être comparée à celle de l'ovogénèse.

Les difficultés que je viens de signaler sont de nature à embarrasser le chercheur et à faire subsister sur bien des points et pour beaucoup d'animaux des obscurités et des doutes. Des phases d'une durée *très courte* dans l'évolution de l'élément spermatique peuvent longtemps échapper à la sagacité de l'observateur, et c'est là ce qui a contribué à introduire dans les travaux

Digitized by Google

des naturalistes qui se sont occupés de ce sujet, des confusions et des méprises d'une importance réelle. L'origine de tel ou tel élément représentant une phase du développement du spermatozoïde, a été souvent méconnue et recherchée dans une direction fausse. Tel élément qui provenait des transformations ou des modifications d'un autre a été considéré comme l'élément d'origine. L'élément mère a été pris pour l'élément fille, et *vice versa*. Ce n'est pas ici le lieu d'en citer des exemples. L'occasion s'en présentera quand, poursuivant la publication de mes études sur ce sujet dans les différents groupes du règne animal, j'aurai à faire l'histoire et la critique des travaux qui ont précédé les miens.

Pour aujourd'hui, je désire exposer les phénomènes de la spermatogénèse dans un groupe de Vers où j'ai trouvé des conditions d'observation qui me permettaient d'éviter la plupart des obstacles et des causes d'erreur que je viens de signaler.

Les petits Némertiens sur lesquels ont porté mes recherches appartiennent au genre *Tetrastemma*, et plus particulièrement au *Tetrastemma flavida* (Mc Intosch). Ces petits animaux sont très communs à Cette, soit dans les bassins du port, soit dans les canaux, soit dans l'étang de Thau. On les recueille abondamment à toute époque de l'année et particulièrement au printemps, en été et en automne. Placés sous le compresseur, ils acquièrent une transparence qui permet d'observer, même à de très forts grossissements, les phénomènes qui se passent dans la profondeur des tissus et des organes. Les régions latérales où se trouvent les poches ou sacs spermatiques ou ovulaires, suivant le sexe de l'animal, deviennent suffisamment translucides sous l'effet de la compression, et on peut faire ainsi sur le vivant, sans préparation préalable, sans le secours des réactifs qui peuvent altérer ou modifier la forme et les relations des éléments, on peut, dis-je, faire directement, pendant un temps suffisamment prolongé et avec de forts grossissements, une étude des modifications qui se succèdent dans l'élaboration de l'élément reproducteur. Cette étude peut être d'ailleurs d'autant mieux faite et poursuivie

Digitized by Google

d'une manière d'autant plus complète, que chez un même Némertien toutes les poches génitales ne présentent pas toujours, à un moment donné, un même degré de développement. Généralement, en effet, les poches sexuelles ont leurs éléments à un degré de maturité d'autant plus avancé qu'elles sont situées plus près de la région céphalique. On peut donc, dans bien des cas, observer sur un même animal des degrés différents de développement des éléments sexuels suivant qu'on l'observe sur tel ou tel point de sa longueur.

On comprend aisément combien cette heureuse circonstance facilite l'étude des phases successives et assure l'appréciation exacte de la filiation des transformations et des phénomènes. On verra du reste, dans le cours de ce Mémoire, les observations intéressantes qui ont résulté de ce fait, et les rapprochements d'une réelle importance qui ont pu en être déduits.

Les observations qui servent de base à ce travail ont été faites au Laboratoire de la Station zoologique de Cette. Les recherches sur la spermatogénèse dans divers groupes, qui seront publiées ultérieurement dans ce recueil, ont été également faites pour la plupart sur des animaux recueillis dans cette Station maritime, qui offre bien des avantages.

Non seulement la faune y est à la fois très riche et très variée, mais elle renferme un très grand nombre d'espèces qu'il est extrêmement facile de recueillir en grand nombre dans les canaux et sur les bords de l'étang de Thau. C'est là un avantage que les travailleurs n'ont pas l'habitude de dédaigner.

Les moyens d'étude ont été l'observation de l'animal sous le compresseur, soit à l'état vivant, soit après séjour dans le carmin de Beale, durant un temps suffisant pour colorer les éléments, soit après un séjour dans l'alcool, dans l'acide picrique ou dans le picrocarminate, soit après traitement par le chlorure d'or. Les animaux traités par ces divers réactifs étaient, pour l'observation, placés dans la glycérine, qui leur redonnait de la transparence.

Les phénomènes observés dans les conditions qui précèdent présentent quelques variétés, mais peuvent facilement, ainsi qu'il

Digitized by Google

sera facile de l'établir, être ramenés à un processus général dont la simplicité est digne d'être remarquée.

Décrivons d'abord l'aspect des poches spermatiques et de leur contenu à l'état de maturité, et nous examinerons ensuite la série des formes et des transformations qui conduisent à cet état.

Il y aura d'autant plus lieu d'insister sur les particularités de ce processus, que les données actuelles de la science à cet égard se réduisent à peu près à rien. Dans sa magnifique Monographie des Némertiens, publiée en 1873 et 1874, et dont le contenu constitue l'ensemble des données à la fois les plus classiques et les plus avancées sur l'organisation de ces animaux, Mc Intosch fait à peine mention du développement des spermatozoïdes.

La disposition même de ces éléments dans les poches ou sacs spermatiques n'a pas été reconnue par le naturaliste anglais, qui se borne à dire que le contenu des poches est d'abord finement granuleux, ensuite cellulo-granulaire, et qu'à l'état de maturité elle présente une apparence finement fibreuse ou striée.

« Parfois ajoute-t-il, il y a à la fois dans le même sac des granulations et des spermatozoïdes, et alors les premières sont souvent disposées avec une certaine régularité [2]. »

Les quelques figures relatives aux sacs spermatiques contenues dans les belles planches de l'ouvrage en question, sont également bien insuffisantes.

Nous espérons pouvoir combler cette lacune, et la suite de ce travail prouvera si nos prétentions sont justifiées.

Les sacs spermatiques du *Tetrastemma flavida* mâle sont pyriformes dans le jeune âge. Plus tard, ils prennent une forme ovalaire que modifie plus ou moins le contact ou la pression exercée par les organes voisins, et notamment par les sacs spermatiques voisins et les culs-de-sac intestinaux. Ils sont placés entre la couche musculaire interne de chaque côté du corps et les culs-de-sac glandulaires de l'intestin, et sont formés par une

---

[1] W.-C.-Mc Intosch; *A Monogr. of the brit. Annelids*, part. I: *The Nemerteans*, 1873 et 1874, pag. 87. Ray Society.

Digitized by Google

membrane transparente spéciale qui est attachée à la couche musculaire interne de la paroi du corps par des tubes courts, parfois en entonnoir, qui passent au-dessus des troncs nerveux latéraux et qui s'ouvrent à l'extérieur par des pores latéraux servant d'issue aux spermatozoïdes (*fig.* 3, 7, 13).

Si, pendant la saison favorable qui s'étend des mois d'avril-mai aux mois d'octobre-novembre, on examine un *Tetrastemma* mâle sous le compresseur à une faible grossissement, on voit facilement cette série de poches ou sacs remplie d'un contenu finement strié dans des directions diverses. Si l'on examine ensuite un des sacs à un fort grossissement, on reconnaît que son contenu se divise en faisceaux finement striés, affectant des directions variées et s'entrecroisant dans tous les sens (*fig.* 1, 2). Les faisceaux sont de volumes très différents. Dans certains sacs, ils sont volumineux ; dans d'autres, ils sont grêles ; dans d'autres enfin, il y a à la fois de gros et de petits faisceaux. Les faisceaux, examinés avec soin, présentent la disposition suivante : ils sont fusiformes et coudés suivant un angle d'ouverture variable au niveau de leur partie moyenne. Cette portion moyenne a un aspect plus ou moins granuleux et constitue une zone de *largeur variable* (*fig.* 5, A B C) ; les deux cônes du fuseau sont au contraire nettement striés et d'autant plus nettement qu'on se rapproche de la partie centrale. Vers les extrémités des cônes, les striations deviennent plus fines, plus ou moins distinctes (*fig.* 3 *b*). C'est là la disposition la plus générale et qui est clairement représentée dans la *fig.* 2. Mais il faut ajouter qu'il m'est arrivé, quoique assez rarement, d'observer une autre disposition. Dans ce cas, les striations semblent partir d'une masse granuleuse pour diverger en éventail vers le centre du sac spermatique. C'est là ce que l'on peut voir dans les *fig.* 3 et 4, aux points *a*, *a* ; c'est aussi le type de la poche *fig.* 1.

Mais, dans ce cas comme dans le premier, les masses granuleuses d'où partent les lignes striées sont situées à la surface du sac et adhèrent à la paroi membraneuse. Les lignes striées se dirigent plus ou moins directement vers la cavité du sac spermatique.

Digitized by Google

Si l'on comprime fortement l'animal et qu'on produise la rupture des sacs et la sortie de leur contenu, on voit s'échapper des faisceaux plus ou moins conservés selon leur degré de maturité, et, quand celle-ci est complète, on trouve ces faisceaux décomposés en une quantité innombrable de spermatozoïdes dont la forme est représentée *fig.* 5.

Leur tête constitue une portion cylindrique brillante assez longue, à laquelle fait suite une queue très fine et très délicate.

Tels sont l'aspect et la constitution des poches spermatiques quand elles approchent de l'état de maturité ou qu'elles y sont parvenues. Voyons maintenant quels sont les phénomènes successifs qui précèdent la constitution de la forme spermatozoïde et qui y conduisent.

Si l'on examine sous le microscope un *Tetrastemma* mâle jeune, et à l'époque où les poches séminales sont encore peu développées; ou bien encore si sur un *Tetrastemma* adulte on porte son attention sur les poches encore petites et peu développées, on remarque les faits suivants. A côté des poches séminales grosses et renfermant plus ou moins de fuseaux spermatiques, on trouve des poches petites, transparentes, à contenu très finement granuleux, incolores, dépourvues de granules pigmentés. Le contenu de ces poches est un protoplasma homogène sans éléments figurés évidents (*fig.* 6 *mm*, *fig.* 10 B), mais à côté on observe des sacs plus nombreux qui possèdent au centre du protoplasma une sphère transparente qui ne peut être prise que pour un noyau (*fig.* 6 *nn*, *fig.* 7 *n*, *fig.* 10 A et 10 B). Le contenu de ces sacs spermatiques, qui présentent probablement un état plus avancé que les sacs sans noyau apparent, suggère immédiatement l'idée que l'on est en présence d'une cellule, d'un élément cellulaire; et la ressemblance avec les ovules jeunes du *Tetrastemma* femelle est tellement complète, que si l'on ne trouvait à côté de ces sacs des sacs à spermatozoïdes, on ne douterait pas un instant que l'on n'eût affaire à un *Tetrastemma* femelle. Le lecteur pourra en juger en comparant la *fig.* 6 avec la *fig.* 8, qui repré-

Digitized by Google

sente un jeune *Tetrastemma flavida* femelle. Dans les deux cas, les poches sont remplies par une masse de protoplasma très finement granuleux, incolore, transparent, et ayant au centre un noyau clair, qui devient d'autant plus distinct que le protoplasma devient plus épais et plus coloré.

Je tiens à citer un fait qui montrera combien la méprise est facile et la confusion possible, même pour un observateur de premier ordre. Pendant le séjour que le professeur Carl Vogt a fait, au mois de mars 1882, au Laboratoire de la Station zoologique de Cette, je soumis à son examen un *Tetrastemma* mâle, pour le rendre témoin des phénomènes de la spermatogénèse. J'avais, sous mon microscope, bien et dûment constaté la présence de spermatozoïdes et de faisceaux spermatiques dans les poches. Mais le compresseur ayant été transporté sur le microscope de Carl Vogt, il s'écria dès le premier examen : « Mais c'est une femelle ! Les poches renferment des œufs ! » « C'est un mâle, répliquai-je. » « C'est une femelle, répliqua encore Carl Vogt ; venez voir ! » C'est ce que je fis, et je m'aperçus que tandis que j'avais observé les poches sexuelles antérieures de l'animal, où la spermatogénèse était plus avancée et où les spermatozoïdes étaient très évidents, l'examen de Carl Volgt avait d'abord porté sur les sacs postérieurs, où le processus de formation n'était pas encore accentué, et où chaque sac était rempli par une masse de protoplasma granuleux possédant un noyau clair au centre.

En passant des poches postérieures aux poches antérieures, on pouvait d'ailleurs saisir toutes les phases intermédiaires du processus, telles que je vais bientôt les exposer.

La ressemblance entre ce que j'appellerai dorénavant l'ovule mâle et l'ovule femelle tient non seulement à l'aspect général, mais encore à la constitution des parties. Les ovules jeunes des deux sexes ont un protoplasma incolore et transparent et un noyau clair dans lequel on ne distingue aucune structure spéciale. Mais à mesure que les ovules vieillissent, leur coloration acquiert progressivement une teinte brune tenant à la présence de granulations semées au milieu du protoplasma. La seule dif-

Digitized by Google

férence à signaler, c'est que, dans l'ovule femelle, les grains pigmentaires sont fins et la matière colorante est souvent intimement unie avec les globules vitellins ; tandis que dans l'ovule mâle les grains de pigments deviennent plus gros et plus distincts. Le noyau prend aussi dans les deux cas des aspects identiques. Ils paraissent l'un et l'autre plus ou moins remplis de gros nucléoles arrondis (*fig* 9, 10 A, 11, 12 C, 12 D, 14).

Dans un sac mâle ainsi constitué, le premier phénomène qui se produit est un phénomène de dissociation, de fractionnement. Ce phénomène peut se produire de plusieurs manières ; je vais les décrire successivement.

Dans le plus grand nombre des cas, la surface du protoplasma forme des saillies et des creux et devient inégale, bosselée (*fig.* 12 A, B, C ; *fig.* 13). L'ovule mâle rappelle alors assez bien le vitellus de l'œuf femelle pendant sa période de pétrissage. Les saillies arrondies de la surface se prononcent de plus en plus et finissent par devenir indépendantes et par se détacher sous forme de sphères de protoplasma qui sont situées à la surface de la masse centrale dont le volume a subi une diminution proportionnée à ses pertes. Ces sphères se forment sur presque toutes les régions de la périphérie du protoplasme. Leur volume est très variable, les unes étant grosses et rares, d'autres étant petites et nombreuses. Il arrive en effet naturellement que le nombre des sphères est en raison inverse de leur volume. Le noyau de l'ovule mâle ne m'a paru dans aucun cas prendre part à cette segmentation superficielle. Il reste indépendant et intact, et ne se segmente pas lui-même.

En traitant ces sacs spermatiques par le carmin de Beale, le noyau prenait une coloration plus prononcée. Le protoplasma se colorait à son tour, mais plus tard et d'une manière moins intense. Les globules ou sphérules périphériques se coloraient au même degré que le protoplasme central ; mais la coloration n'a jamais révélé la présence d'un noyau central dans les sphérules périphériques.

Dans d'autres cas, presque aussi nombreux que les premiers,

Digitized by Google

il se produit dans l'épaisseur du protoplasme, sur un des côtés du noyau, une sorte de retrait ou de désagrégation de la substance, d'où résulte une fente qui s'élargit et forme une cavité très transparente, de forme plus ou moins arrondie, comme dans la *fig.* 10 A.

D'autres cavités semblables se forment sur d'autres points de la périphérie, et enfin ces cavités, s'allongeant et se rapprochant comme dans la *fig.* 11, finissent par séparer du protoplasma central des masses périphériques qui, ou bien restent appliquées aux parois de la poche sous forme de masses aplaties, ou bien prennent la forme de sphérules.

On conçoit d'ailleurs que les deux processus qui précèdent ne diffèrent entre eux que par des nuances secondaires et se ramènent l'un et l'autre à une *désintégration* de la masse du protoplasma de l'ovule, en vertu de laquelle les couches périphériques du protoplasme se détachent des parties centrales et forment des masses périphériques indépendantes, à la constitution desquelles ne participent ni le noyau de l'ovule ni les parties centrales du protoplasme qui enveloppent directement ce noyau.

Il est possible d'ailleurs de retrouver sur le même animal et côte à côte des poches où ces deux processus différents peuvent être observés (*fig.* 7); et même, dans une même poche, on peut trouver, d'un côté des sphérules qui se sont détachées directement en exagérant leur saillie, et des masses elliptiques ou arrondies qui ont été séparées par la formation de fentes et de vacuoles. La *fig.* 12 D peut être considérée comme fournissant un exemple des deux processus.

Ces deux processus se ramènent donc facilement l'un à l'autre et ont l'un et l'autre pour effet commun de détacher de la périphérie de l'ovule mâle une couche superficielle appelée à devenir ainsi indépendante, pour subir des modifications qui vont faire bientôt l'objet de notre étude.

Enfin un troisième processus, que je n'ai observé que rarement sur certains sujets, et pendant l'automne, est celui que représentent les *fig.* 18 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*; et *fig.* 19, 20 et 21, A, B, C.

Ce processus diffère du second par une circonstance qui me

Digitized by Google

paraît fort digne de remarque. Chez les animaux qui l'ont présentée, les poches spermatiques ne m'ont jamais montré de noyau central. Elles m'ont toujours paru formées par un protoplasma très finement granuleux, incolore, assez transparent et homogène dans toute son épaisseur (*fig.* 18 *a*). Au centre de cette masse, se produit une fente (*fig.* 18 *b*, *c*) qui se ramifie et prend de l'extension (*fig.* 19 *a*, *a*), formant ainsi une cavité étoilée au centredu protoplasma. Cette cavité s'accroît progressivement (*fig.* 21 A, B, C) pendant que se produisent dans le protoplasma des transformations qui seront ultérieurement décrites pour arriver à une forme semblable à la *fig.* 16.

En définitive, par suite de l'élargissement de la cavité centrale et de l'allongement des bras de l'étoile, le protoplasme se trouve réduit, par la disparition du protoplasme central, à sa portion périphérique, qui est subdivisée en masses plus ou moins arrondies.

Cette forme de spermatogénèse a quelque chose de remarquable en ce qu'elle nous montre clairement : 1° que le noyau de l'ovule n'est point un élément important dans les phénomènes de la spermatogénèse ; 2° que la spermatogénèse a surtout pour siège et pour éléments le protoplasma de l'ovule ; 3° que le protoplasma central lui-même se résorbe, se détruit, et que c'est le protoplasma périphérique seul qui est réellement le siège et qui constitue les matériaux des phénomènes de la spermatogénèse. Ce sont là des faits que je tiens à enregistrer, car ils ont une importance que la suite de ces publications mettra, je l'espère, en évidence.

Il résulte de ce que nous venons de voir que, quel que soit le processus employé, le résultat est en définitive le même, et que l'on arrive dans tous les cas à avoir sous les yeux des masses périphériques de protoplasma adhérentes à la paroi du sac, masses isolées les unes des autres, à formes plus ou moins arrondies et de volume variable. Quant à la partie centrale, qu'elle soit composée d'un noyau et d'une mince couche de protoplasma ambiant ou qu'elle soit uniquement formée de protoplasma, elle se résorbe et disparaît dans la succession des phénomènes. La formation de

Digitized by Google

l'excavation centrale ne peut être l'effet d'un simple retrait, car les masses périphériques n'acquièrent pas, comme transparence, des modifications qni permettraient de considérer leur isolement centrifuge comme le résultat d'un accroissement de densité. D'ailleurs, dans le cas où il existe un noyau, on ne saurait avoir de doute, car le noyau disparaît progressivement et il n'en reste plus aucune trace dans les poches où la spermatogénèse a parcouru toutes ses phases.

Il nous reste maintenant à suivre les phénomènes qui se passent dans ces masses de protoplasma arrondies ou en forme de gâteau situées à la périphérie et appliquées sur la paroi du sac spermatique. Toutes ces masses finissent par se résoudre en sphérules, car les gâteaux aplatis se subdivisent eux-mêmes en masses secondaires qui s'arrondissent en devenant plus ou moins indépendantes (*fig.* 12, 13, 14, 15, 20).

Dans chacune de ces sphérules naissent par voie endogène, près de la surface, un grand nombre de granulations plus grosses que les fines granulations qui remplissaient au début le protoplasme. Ces granulations se distinguent facilement de ces dernières par leur volume même. Tout aussitôt et très rapidement, le protoplasme de la sphérule s'allonge sous forme de deux cônes opposés très finement striés suivant leur longueur, et la masse protoplasmique prend ainsi la forme d'un fuseau parfois légèrement rétréci dans la zone intermédiaire. Le plus souvent, les deux cônes forment un angle plus ou moins ouvert, *fig.* 5 D. En même temps, les granulations qui occupent cette zone intermédiaire se disposent parallèlement à l'axe du fuseau. Les stries, d'abord très fines, deviennent plus tard bien plus prononcées (*fig.* 5 A, *fig.* 17).

La zone des granulations, où la forme de la sphérule se reconnaissait encore au début (*fig.* 5 D), se rétrécit et s'efface peu à peu (*fig.* 5 B et 5 C), pendant que les stries de la zone voisine s'accentuent davantage. Enfin les filaments qui correspondent aux stries deviennent de plus en plus indépendants, la zone intermédiaire s'atrophie et les filaments acquièrent la

Digitized by Google

forme de vrais spermatozoïdes tels qu'ils sont représentés *fig.* 5. Les corpuscules ont une tête cylindrique assez longue, réfringente, suivie d'une queue très fine, dont la longueur ne dépasse pas de beaucoup la longueur de la tête.

On trouve souvent, en désagrégeant les faisceaux par la pression, des spermatozoïdes qui présentent un léger renflement, comme dans la *fig.* 5 A, à l'extrémité de la tête. Ce sont des spermatozoïdes dont la formation n'est pas encore terminée. La tête des spermatozoïdes est en effet le résultat de l'élongation en cylindre d'une des grosses granulations qui sont nées par voie endogène dans l'intérieur des sphérules de protoplasme. Quand cette élongation n'est pas encore complète, il reste une extrémité encore un peu renflée, mais que les progrès du développement font bientôt disparaître. Ce petit renflement peut encore provenir d'un fragment du protoplasma qui formait l'atmosphère primitive du granule.

Voilà quel est le processus suivi dans la formation des spermatozoïdes. Mais les faisceaux prennent ensuite une forme un peu différente. Les faisceaux appliqués contre la paroi du sac, au lieu de s'allonger en forme de fuseau, irradient au contraire leurs filaments en forme d'éventail. Cette forme ne diffère pas essentiellement de la première, attendu que dans celle-ci les deux cônes du fuseau forment généralement un angle plus ou moins ouvert. Si l'angle compris entre les deux cônes est très aigu, les deux cônes se confondent presque ou sont très voisins, et quand les spermatozoïdes arrivés à maturité se dissocient par leurs extrémités, ils présentent des aspects semblables à ceux de la *fig.* 4, où le faisceau *a*, qui forme un éventail bifide, rend très bien compte du processus. La forme en éventail n'est dans la plupart des cas qu'un état plus avancé et dissocié de la forme fasciculée.

Je dois ajouter que, dans un même sac spermatique, toutes les sphérules de protoplasme ne subissent pas en même temps le processus qui les transforme en spermatozoïdes, et que, à côté de faisceaux développés, on en trouve de moins avancés, et

Digitized by Google

des sphérules ou masses de protoplasme qui n'ont encore subi aucune modification.

J'ajoute également, et en insistant sur ce point, que l'apparition des granules, et surtout leur tranformation en spermatozoïdes, doit se faire avec une très grande rapidité, car les phases intermédiaires sont extrêmement rares.

Si nous résumons les notions qui ressortent de l'étude qui précède, nous dirons que :

1° Les poches séminales ou sacs séminaux forment chez les Némertes les *spermatospores* ou ovules mâles, composés d'une masse de protoplasma finement granuleux, dans laquelle le noyau, tantôt fait défaut, tantôt se développe.

2° La portion centrale du protoplasma tend à s'atrophier, tandis que la portion périphérique s'en sépare, devient indépendante, sous forme de plaques et de sphérules appliquées à la paroi interne du sac. La portion centrale est le *protoblastophore*, et les sphérules périphériques constituent les *protospermoblastes*.

3° Dans la couche périphérique ou superficielle de ces derniers, naissent, par voie endogène, de nombreuses granulations plus grosses que les granulations primitives du protoplasma. L'apparition de ces granulations est corrélative de la division du protoplasme périphérique des sphérules en petites régions, qui constituent les *deutospermoblastes*, dont la granulation centrale et le protoplasme s'allongent pour former les *spermatozoïdes*. La portion centrale des protospermoblastes qui adhère à la paroi constitue le *deutoblastophore*. Elle s'atrophie et disparaît.

Il est donc facile d'établir un parallélisme exact et complet entre la spermatogénèse chez les Annélides et chez les Némertiens. Seulement la spermatogénèse, chez ces derniers vers, présente quelques particularités très remarquables, qui permettent d'apprécier le rôle et l'importance relative du noyau et du protoplasme dans la constitution de l'appareil reproducteur mâle. Des publi-

Digitized by Google

cations ultérieures sur ce sujet, dont les matériaux sont déjà entre mes mains, me permettront de développer ce sujet spécial. Mais, pour cette fois, je me borne à faire remarquer que, dans la constitution, soit des proto, soit des deutospermoblastes, la portion périphérique du protoplasme devient l'élément exclusif de formation. Le protoplasma central et le noyau, quand il existe, sont appelés à s'atrophier et à disparaître. C'est là un fait sur lequel j'insiste à dessein, car il doit en ressortir des conséquences qui me paraissent dignes d'intérêt.

Il me sera en effet possible d'établir, dans la suite de mes publications sur ce sujet, que dans tout élément cellulaire il y a antagonisme ou polarité différente entre les portions centrales composées du noyau et de la couche de protoplasma qui le recouvre directement d'une part, et les couches périphériques de protoplasma d'autre part.

Ces polarités sont de nature sexuelle ! la polarité centrale correspondant à l'élément femelle et la polarité périphérique à l'élément mâle. Ces deux polarités de nom contraire ont de l'attraction l'une pour l'autre. Toute cellule dans laquelle les deux polarités sont maintenues en équilibre est une cellule *neutre*. C'est un élément *complet* dans lequel rien ne fait défaut et qui est capable de se reproduire sans avoir besoin d'une influence extérieure, pourvu qu'il soit assez jeune et ait une provision suffisante de principes nutritifs. Mais toute cellule dans laquelle, par suite de la disparition partielle ou totale de l'un des éléments polaires, l'équilibre est rompu, acquiert une polarité prédominante et devient par cela même sexuée. Il suffit pour cela d'une modification de sa nutrition et de son développement qui subordonne un des éléments polaires à l'autre, mette en évidence et en activité une polarité sexuelle que neutralisait la polarité sexuelle opposée.

Il résulte de là que toute cellule dans laquelle l'élément central se désagrège et disparaît, devient par cela même un élément sexué mâle, et que toute cellule dans laquelle l'élément central devient prédominant et dans laquelle l'élément périphérique est

Digitized by Google

détruit ou rejeté, devient un élément sexué femelle. Les deux Mémoires que j'ai publiés dans ce recueil (*De la spermatogénèse chez les Annélides*[1] et le présent Mémoire) apportent déjà des matériaux à l'appui de la première des deux propositions, c'est-à-dire au mode de production de la polarité mâle dans la cellule ovulaire.

D'autres faits que je publierai successivement viendront apporter un contingent considérable de nouvelles preuves. Quant au processus de formation de la sexualité femelle, je ne crains pas d'avancer que j'ai déjà recueilli un groupe suffisant de faits pour en établir la réalité. Ces faits seront également publiés.

Le 8 novembre 1882.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Fig. 1. Sac spermatique de *Tetrastemma flavida* dans lequel tous les faisceaux spermatiques sont développés et disposés en éventail. *a* sac; *b* paroi du corps. Observé le 21 mars 1882.

Fig. 2. Sac spermatique dans lequel les faisceaux spermatiques sont encore fusiformes et coudés au niveau de la région moyenne. *a a* sacs ; *b* paroi du corps. Observé le 5 mars 1882.

Fig. 3. Sac spermatique avec masse protoplasmique centrale et noyau. *a* faisceau de spermatozoïdes déjà étalé en éventail; *b* gâteau de protoplasma isolé; *c* masse centrale de protoplasma avec noyau. Observé le 28 mars 1882.

Fig. 4. Sac spermatique avec masses périphériques de protoplasma *b, b, b, b,* et spermatozoïdes en éventail *c, c, c, c*. Observé le 1er avril 1882.

Fig. 5. Spermatozoïdes de *Tetrastemma flavida*. *a* encore imparfaits ; *b* développés.

Fig. 5A. Fuseau de spermatozoïdes observé sur un Tetrastemma traité par le carmin de Beale. *a* région moyenne occupée par des granulations assez grosses disposées en séries suivant l'axe du fuseau ; *d d*, les deux cônes du fuseau à stries fines.

Fig. 5B. Fuseau dont la région moyenne a diminué d'étendue ; les grosses granulations se sont allongées pour former les têtes des spermatozoïdes.

Fig. 5C. Fuseau dont la région moyenne a presque disparu. Les têtes des spermatozoïdes sont bien formées. Quelques spermatozoïdes commencent à se détacher pour se disposer en éventail.

---

[1] *Revue des Sciences Nat.*, 3me série, tom. I, 1882.

Digitized by Google

Fig. 5 D. Boule de protoplasme *a* renfermant des granulations et de laquelle partent les deux cônes formant entre eux un angle aigu.

Fig. 6. Partie d'un Tetrastemma observé le 3 juin 1882. *a* paroi du du corps ; *b* culs-de-sac latéraux de l'intestin à parois glandulaires et à vésicules refringentes ; *m* sacs spermatiques remplis de protoplasme et sans noyau apparent ; *n* sacs jeunes avec protoplasme clair, hyalin, finement granuleux, et noyau central ; *p* sacs dans lesquels il s'est développé quelques faisceaux de spermatozoïdes et renfermant de petites sphères de protoplasme nageant dans un liquide transparent et destinées probablement à être résorbées.

Fig. 7 Sacs spermatiques d'un Tetrastemma mâle observé le 5 mars 1882. *a* poche où le protoplasme périphérique s'est détaché en sphérules ; *b* id. avec un petit faisceau de spermatozoïdes ; *c* protoplasme central et spermatozoïdes périphériques ; *n* sac jeune à protoplasme clair et transparent ; *d* culs-de-sac intestinaux ; *e* paroi musculaire du corps.

Fig. 8. Portion d'un Tetrastemma femelle jeune, le 1er avril 1882. *a a a a* œufs jeunes et très jeunes, à protoplasme transparent, finement granuleux, tous ont un noyau hyalin ; *d* culs-de-sac intestinaux.

Fig. 9. Portion d'un Tetrastemma femelle plus âgé, et dont les œufs sont plus avancés. *a a a* œufs à protoplasme brunâtre, avec noyau clair renfermant des nucléoles nombreux ; *b* paroi du corps ; *d* culs-de-sac intestinaux. Observé le 1er avril 1882.

Fig. 10 A. Trois sacs spermatiques d'un Tetrastemma mâle, observé le 6 novembre 1882. Protoplasme à grains de pigment brunâtres. Noyau avec nucléoles nombreux. Une ou deux cavités formées par la résorption du protoplasma. *b* paroi du corps ; *c* noyaux très réfringents elliptiques à la face profonde de cette paroi.

Fig. 10 B. *a* un sac au même stade que les précédents ; *b b b* trois sacs jeunes remplis de protoplasme transparent et encore sans noyau apparent.

Fig. 11. Sac spermatique observé le 28 mars 1882, après traitement par le carmin de Beale ; noyau à nombreux nucléoles ; cavités tendant à isoler des masses périphériques de protoplasme.

Fig. 12 A et B. Deux sacs spermatiques, observés le 28 mars 1882, après séjour dans le carmin de Beale.

Fig. 12 C et D. Sacs spermatiques du même Tetrastemma ayant subi le même traitement, et montrant à la fois des sphérules et des gâteaux périphériques.

Fig. 12 E. Sac à sphérules *e* très réfringentes et probablement stériles.

Fig. 13. Sac spermatique dont toute la couche périphérique de protoplasme s'est isolée sous forme de globules.

Fig. 14 A. Sac spermatique observé le 29 mars 1882 et renfermant à la fois une masse centrale avec noyau, des gâteaux de protoplasme périphériques libres ou encore adhérents, des sphérules libres et des faisceaux fusiformes de spermatozoïdes.

Digitized by Google

Fig, 14 *B* et *C*. *Idem*. Observés le 9 avril 1882.

Fig. 15. *Idem*. Observé le 5 mars 1882.

Fig. 16. Sac spermatique dont la partie centrale est dépourvue de protoplasme : sur les parois sont appliqués des faisceaux de spermatozoïdes et un gâteau *a* de protoplasme.

Fig. 17. Portion d'un sac spermatique montrant un gâteau *a* de protoplasme et une masse *b* de protoplasme qui est devenue le point de départ de la formation de deux faisceaux de spermatozoïdes.

Fig. 18. Série de poches observées le 31 octobre 1882, et remplies de protoplasma sans noyau. *b*, *c* montrent le commencement la fissure centrale ; *d* et *e* montrent la fissure élargie et les faisceaux de spermatozoïdes commençant à se produire.

Fig. 19. *Idem*. *aa* sacs avec cavité centrale étoilée; *b* sac avec quelques faisceux qui débutent.

Fig. 20. Sac observé le 21 octobre. Fissure centrale; quelques sphérules de protoplasme se sont isolées. Quelques faisceaux de spermatozoïdes commencent à paraître sous la forme de stries fines.

Fig. 21. Sacs observés le 6 novembre 1882, avec cavité centrale élargie, avec masses protoplasmiques périphériques et sphérules plus ou moins isolées, et avec faisceaux de spermatozoïdes commençant à paraître.

LES VAMPYRELLA

LEUR DÉVELOPPEMENT ET LEUR PLACE DANS LA CLASSIFICATION

Par M. J. KLEIN,

Professeur à l'École polytechnique de Buda-Pesth.

(Publié en allemand en août 1882, dans *Botanisch. Centralbl.*, tom. XI, nos 31-33.)

On rencontre, aux plus bas degrés de l'échelle des êtres organisés, des formes qu'il est bien difficile de ranger, soit parmi les animaux, soit parmi les plantes. C'est le cas du *Vampyrella* ; c'est principalement par les zoologistes qu'il a été étudié jusqu'ici, et cela a suffi pour le faire considérer généralement comme un animal.

Pour légitimer les nouvelles recherches que je publie aujourd'hui sur cet organisme, qu'il me suffise de dire que les principaux phénomènes de son développement paraissent devoir le faire placer parmi les plantes plutôt que parmi les animaux.

Digitized by Google

Le genre *Vampyrella* a été établi par Cienkowski en 1865 ; l'auteur a décrit en même temps le développement de trois espèces de son nouveau genre : *V. pendula*. *V. Spirogyræ* et *V. vorax* [1]. Il range les *Vampyrella* parmi les Monades, qu'il considère comme des animaux formant des zoosporanges et réalisant par là un passage au règne végétal. Il signale en même temps la grande ressemblance qui existe entre ses Monades et les Myxomycètes.

En 1866, M. de Bary, s'appuyant sur le précédent travail, range les Monades à la suite des Myxomycètes [2], et mentionne encore les nombreux caractères communs entre les représentants de ces deux groupes.

Dans la suite, les zoologistes seuls se sont occupés du *Vampyrella*, et, chose toute naturelle, ils se sont attachés surtout aux points de son histoire qui le rapprochent des animaux, si bien qu'ils l'ont relié directement au règne animal ou au « règne des Protistes ».

Hæckel le compte parmi les Monères, premier groupe de son règne des Protistes, et ajoute aux trois espèces connues une espèce nouvelle, le *V. Gomphonematis* [3].

Hertwig et Lesser au contraire, cherchent longuement à démontrer que le *V. Spirogyræ* doit être rattaché aux Rhizopodes [4].

Enfin nous retrouvons encore le *Vampyrella* mentionné dans quelques Traités de zoologie [5].

Si donc la plupart des observateurs qui se sont occupés des *Vampyrella* les ont rattachés directement aux Animaux, quelques-uns d'entre eux pourtant ont insisté sur les ressemblances qu'ils présentent avec les Myxomycètes. Des recherches nouvelles, qui auraient pour but principal de montrer les liens du *Vampyrella*

---

[1] Beiträge zur Kenntniss der Monaden (*Arch. für mikr. Anatom. de M. Schulze*, tom. I, pag. 203-232 et pl. XII-XIV).

[2] De Bary, *Morphol. und Physiol. der Pilze, Flechten und Myxomyc.*, pag. 312.

[3] Hæckel, *Biolog. Studien*, tom. I, pag. 8, 72 et 163.

[4] *Arch. für mikr. Anatomie*, tom. X, supplément pag. 61.

[5] Claus, Grundzüge der Zoologie, 2e édit., pag. 100. — Schmarda, Zoologie, 2e édit., tom. I, pag. 230.

Digitized by Google

avec les végétaux, devaient donc paraître fort désirables ; aussi ai-je saisi avec empressement l'occasion qui s'est offerte à moi, au commencement de 1881, d'étudier de nouveau ces organismes. J'en trouvai à cette époque trois espèces vivant côte à côte au milieu de plantes d'eau récoltées aux environs de Buda-Pesth, que je cultivais dans un verre. Dès 1868, j'en avais étudié une autre espèce à Zurich et j'y avais observé notamment la copulation des zoospores, qui n'est signalée dans aucun des travaux publiés jusqu'ici sur les *Vampyrella*. Au commencement de 1882, je trouvai le *V. Vorax* Cnk, de sorte que j'ai pu étudier cinq espèces dont trois nouvelles.

Ce sont les *Vampyrella variabilis* Klein, *V. Vorax* Cnk, *V. pendula* Cnk, *V. inermis* Klein, *V. pedata* Klein.

J'ai eu en même temps l'occasion d'étudier un organisme certainement voisin des *Vampyrella*, qui constitue peut-être une forme de passage entre les *Vampyrella* et le *Monas amyli* Cnk ; il m'a paru intéressant d'en faire connaître le développement.

DÉVELOPPEMENT DES VAMPYRELLA.

Voici en résumé le développement des *Vampyrella*, d'après les travaux antérieurs, surtout d'après celui de Cienkowski.

Il constituent, sur diverses algues, des cellules-kystes à contenu légèrement coloré en rouge, surtout à l'état des maturité. C'est « l'état cellulaire » de Cienkowski.

Le contenu de ces cellules se divise et s'échappe en nombreux zoospores amiboïdes pourvus de prolongements ciliaires ; ils se nourrisssent et reviennent bientôt à l'état cellulaire. Il se forme plus tard à leurs dépens (sauf toutefois chez le *V. vorax*) une deuxième forme de cellules-kystes dont le contenu rouge ne s'échappe pas, mais se contracte à l'intérieur de la membrane primitive, et se recouvre d'une nouvelle enveloppe. C'est l'état dormant, « *Ruhezustand* » de Cienkowski. On ne connaît pas le développement ultérieur de cette sorte de spore.

J'arrive maintenant à mes propres observations.

Digitized by Google

Vampyrella variabilis Klein. — J'ai trouvé ce *Vampyrella* sur une algue filamenteuse indéterminable, sur les cellules de laquelle il formait des cellules-kystes nombreuses, très variables de forme et de grandeur, ce qui leur vaut leur nom spécifique. La plupart des cellules sont arrondies ou elliptiques, mais elles peuvent aussi avoir la forme de biscuit ou de demi-lune, ou être irrégulières ; elles sont même parfois, et ce sont les plus grandes, irrégulièrement lobées. Leur grandeur moyenne varie entre 16 et 28 μ ; les plus longues atteignent pourtant 32, 60 et jusqu'à 92 μ pour les plus grands individus lobés.

La membrane cellulaire est mince et simple ; l'iode et l'acide sulfurique la bleuissent.

A l'état de maturité, le contenu des cellules-kystes est plus ou moins coloré en jaune, passant au rouge orangé finement ponctué, et présente une place obscure vers le milieu de la cellule ; il arrive parfois, surtout dans les cellules lobées, qu'il y ait plusieurs de ces taches sombres ; elles se trouvent alors au milieu des lobes.

Lorsque les cellules-kystes sont mûres, la sortie du contenu commence. Il est exceptionnel que le contenu s'échappe sans se diviser ; cela n'arrive que pour les cellules-kystes les plus petites : c'est souvent en 2-4 parties, et pour les grandes cellules lobées en 5-10 parties, que le contenu se divise. Il est de règle que la sortie commence à la fois en autant de points qu'il y aura de corps nouveaux formés aux dépens du contenu primitif. S'il ne s'en forme que deux, ils s'échappent par les deux extrémités opposées de la cellule-kyste ; s'il s'en forme quatre, leur sortie se fait en croix ; s'il y en a plus, leur sortie est irrégulière.

Au moment où la sortie commence, on voit apparaître à la surface de la cellule-kyste d'étroites protubérances qui grossissent peu à peu et prennent la forme de massue ; en même temps, apparaissent à la périphérie de fins prolongements en forme de cils et dans l'intérieur une ou deux vacuoles ; les prolongements s'épaississent plus tard ; l'intérieur de la masse se charge de petites granulations ponctiformes faiblement colorées en rouge, tandis que les vacuoles disparaissent bientôt *fig.* 7.

Digitized by Google

A ce moment-là, le contenu rouge de la cellule-kyste est encore indivis et accolé à la paroi ; mais une sorte de secousse se produit, et tout à coup il est séparé en autant de parties qu'il s'est formé de protubérances à la surface de la cellule-kyste ; en même temps, la tache sombre qui se trouvait au milieu du contenu en est séparée et demeure dans la membrane du kyste, comme un produit non digéré de la nutrition, sous forme d'une masse irrégulière, brun sombre (*fig.* 8).

Quelquefois pourtant les choses ne se passent pas d'une façon aussi brusque et le contenu de la cellule-kyste, au lieu de se diviser tout à coup, s'étrangle en se détachant de la paroi cellulaire, et ce n'est que plus tard que l'étranglement se continue jusqu'à division complète.

Les corps issus de la fragmentation du contenu glissent peu à peu hors de la membrane, qui demeure bientôt complètement vide. Ils sont devenus des zoospores ; leurs dimensions varient d'après celles de la cellule-kyste, mais sont presque toujours voisines de 12 μ. Ils ont la surface hérissée de petit prolongements ciliés ou pseudopodes, qui leur impriment des mouvements lents. Au moment de leur mise en liberté, les zoospores du *V. variabilis* sont généralement arrondis et les pseudopodes sont régulièrement répartis à leur surface ; ils conservent cet aspect même lorsqu'ils se meuvent ; mais plus tard, et pendant toute la durée de leurs mouvements, ils changent continuellement de formes et sont parfois allongés, parfois irréguliers, lobés-anguleux; il en résulte que les pseudopodes ne sont pas non plus régulièrement répartis ; ils sont généralement plus nombreux du côté vers lequel leurs mouvements les dirigent. Lorsqu'ils rampent sur des algues, ils sont complètement aplatis ; les pseudopodes n'existent alors qu'à leurs deux extrémités et sont diversement répartis suivant les mouvements de l'ensemble. Il arrive qu'exceptionnellement il n'y ait que un ou deux pseudopodes très gros et très longs qui dépassent le diamètre du zoospore (*fig.* 9).

Que deux de ces zoospores viennent à se rencontrer, que leurs pseudopodes se touchent : aussitôt ils se confondent, et les deux

Digitized by Google

zoospores s'unissent ; l'union se fait successivement sur une plus grande largeur ; le corps des deux zoospores se rapproche, jusqu'à ce que la fusion des deux zoospores soit complète.

Les zoospores du *V. variabilis* s'unissent donc lorsqu'ils se rencontrent. C'est, à coup sûr, dans l'histoire de leur développement un fait important, qui nous sera fort utile quand il s'agira de discuter la place qu'il faut donner à ces organismes dans la classification.

Les corps résultant de la réunion de deux zoospores ont la physionomie de zoospores plus grands que de coutume ; ils sont lobés-anguleux, subissent comme les premiers des mouvements qu'ils doivent à leurs nombreux pseudopodes, qui changent de nombre et de position. S'ils rencontrent un nouveau zoospore, ils s'unissent encore à lui et peuvent le faire sucessivement, de façon à former des corps protoplasmiques très grands, irréguliers, mobiles, tellement semblables aux plasmodes des Myxomycètes qu'on pourrait les désigner par le même nom (*fig.* 6).

Il arrive que la copulation se fasse d'une façon si particulière, qu'il est intéressant d'en suivre les détails. J'ai observé une cellule-kyste réniforme dont le contenu rouge sortit en même temps par les deux extrémités opposées ; avant que les deux zoospores fussent complètement sortis, ils rapprochèrent leurs parties libres et se réunirent, alors que chacun d'eux avait encore sa partie postérieure engagée dans la membrane du kyste ; l'un des deux zoospores se dégagea alors de cette membrane et se réunit d'une façon plus complète à l'autre (*fig.* 13). La masse protoplasmique ou le plasmode ainsi constitué se débarrassa bientôt complètement de la paroi cellulaire et se mit en mouvement, pour se réunir plus tard avec un autre petit zoospore.

Dans un autre cas, j'ai vu une cellule-kyste commencer à produire quatre zoospores : deux à droite, deux à gauche suivant le mode que j'ai décrit ; mais au lieu de se rendre individuellement indépendants, alors qu'ils étaient à peine détachés de la membrane cellulaire, les deux zoospores de droite se réuni-

Digitized by Google

rent entre eux ; les deux de gauche en firent autant, de telle sorte qu'au lieu de quatre zoospores il ne s'en forma définitivement que deux grands. L'un d'eux avait des mouvements tout particuliers ; les deux extrémités du zoospore paraissaient avoir des tendances à s'écarter l'une de l'autre; les pseudopodes se formaient de préférence vers les deux extrémités, tandis que la partie intermédiaire rétrécie n'en présentait pas. Le mouvement des deux extrémités en sens contraire devint toujours plus énergique, et la partie qui les unissait de plus en plus longue et étroite, jusqu'à ne former plus qu'un mince filet qui finit par se rompre, de sorte qu'en définitive la masse formée originairement par la réunion de deux zoospores en formait deux de nouveau après cette division. Les deux zoospores continuèrent à se mouvoir et disparurent entre les filaments d'algues. L'autre grand zoospore formé par la réunion des deux zoospores primitifs à la sortie de la cellule-kyste ne se divisa pas, mais se mut comme un plasmode, changeant continuellement de forme, et s'unit plus tard à un autre zoospore.

Les phénomènes de la copulation se présentent sous une forme très remarquable dans les cellules-kystes multilobées (*fig.* 6). J'y ai vu le contenu rouge faire saillie à la fois en dix points de la surface, et former des prolongements en massue de grandeurs différentes, n'ayant au début qu'un seul pseudopode et une ou deux vacuoles. Les trois plus grands prolongements, devenus de plus en plus puissants, arrivèrent définitivement au contact les uns des autres, et s'unirent, tout en restant encore en continuité avec la masse contenue dans l'intérieur de la cellulle. Plus tard, s'infléchissant de l'autre côté, toute cette partie s'unit à une masse analogue formée par la réunion de quatre prolongements.

Il en résulta un grand plasmode qui finit par s'unir aux trois prolongements restants, unis déjà entre eux. Le tout finit par se diviser en deux masses plasmodiques inégales, qui se mirent à ramper au milieu des filaments d'algues et à y puiser leur nourriture.

J'ai observé parfois que de semblables zoospores, après avoir

Digitized by Google

longtemps erré sans pouvoir en trouver d'autres auxquels ils puissent s'unir, présentaient cette particularité, que j'ai déjà signalée, de ne former qu'un ou deux pseudopodes très longs à l'aide desquels ils atteignaient d'autres zoospores glissant au milieu des filaments d'algues et s'unissaient à eux. Au début, cette union ne se réalisait que par les pseudopodes longs et minces; mais peu à peu les deux corps protoplasmiques se rapprochaient jusqu'à se confondre complètement en une seule masse (*fig.* 11).

Dès que les plasmodes sont formés, ils recherchent leurs plantes nourricières. Les plus grands entourent un ou plusieurs filaments d'algues et prennent une forme diversement lobée. Un plasmode peut puiser de la nourriture à la fois dans plusieurs cellules d'algues par plusieurs points de sa surface et passer ensuite à l'état de cellule-kyste. Pour cela, les lobes s'arrondissent peu à peu; les pseudopodes, qui ne cessent d'exister pendant toute la période de nutrition, sont détruits. Tout le plasmode se raidit, s'immobilise, en conservant à peu près la forme qu'il avait pendant la période de nutrition, et forme ainsi des cellules-kystes où chaque lobe paraît s'être nourri pour son compte, et possède une tache sombre qu'on ne trouve pas pendant la période végétative; au moment où se forme le kyste, une membrane cellulaire se constitue tout autour de la masse protoplasmique.

Si les kystes se forment aux dépens de plasmodes de petite dimension, non lobés, ils sont eux-mêmes subsphériques ou ellipsoïdes, ou de même forme que le plasmode.

Les zoospores qui ne sont pas unis à d'autres se nourrissent cependant; ils s'appliquent contre une des faces de la cellule nourricière, y demeurent un instant en repos sans retirer leurs pseudopodes, en percent la membrane, et, par un mouvement brusque, le contenu vert tout entier passe dans la masse de la zoospore, qui forme alors une petite cellule-kyste sans qu'il se produise aucun phénomène de copulation avec une autre zoospore.

Les zoospores peuvent s'unir à d'autres au moment même où

Digitized by Google

ils se nourrissent ; j'ai vu quelquefois que des zoospores appliqués contre une cellule d'algue dont ils étaient occupés à absorber le contenu, arrivaient par un autre point de leur surface au contact d'un autre zoospore et s'unissaient à lui. Les deux phénomènes marchaient de front, s'accomplissaient en même temps, et il fallait peu de temps pour que la cellule-kyste fût formée à l'endroit même où ce double phénomène s'était produit.

Au début, le contenu vert se reconnaît encore sous forme de parties distinctes à l'intérieur de la masse rouge du *Vampyrella*; plus tard, le mélange devient plus complet, de sorte que le kyste jeune présente une coloration verte à peu près uniforme ; puis le *Vampyrella* digère peu à peu ce qu'il a absorbé, devient rouge brun ; il prend définitivement la coloration rouge du kyste mûr, où les taches sombres deviennent bientôt visibles.

Les kystes reproduisent de nouveaux zoospores avec toute la série des phénomènes que nous venons de décrire, et pendant plusieurs semaines successivement ; l'algue nourricière est peu à peu détruite; les fragments, qui par suite de l'évaporation de l'eau demeurent accolés aux parois du verre, s'y dessèchent en partie. J'y ai trouvé, au milieu des cellules-kystes que je viens de décrire, une nouvelle forme de kyste différent des premiers en ce que le contenu rouge n'en sort pas, mais se débarrasse simplement des produits de nutrition non digérés et s'entoure d'une nouvelle membrane plus épaisse que la première, à double contour. La membrane extérieure, lâche, déprimée, est la membrane primitive de la cellule ; à l'intérieur se trouve le kyste nouveau avec son épaisse membrane ; entre les deux, on voit sous forme de granulations brunes les matières rejetées lors du second enkystement. La membrane interne est très finement échinée. Le contenu est homogène, rouge orangé finement ponctué, un peu plus épais sur les bords qu'au centre dans les kystes les plus gros (*fig.* 14).

J'ai observé les kystes de cette deuxième espèce pendant plusieurs semaines de suite, sans qu'ils aient subi de change-

Digitized by Google

ment; ils me paraissent destinés à un plus long repos. Ils correspondent à l'état dormant de Cienkowski. Mais comme les premiers sont susceptibles aussi de s'arrêter pendant quelque temps, je crois qu'il est nécessaire d'insister sur la grande durée relative du repos pour les secondes, et de les nommer *Kystes durables*. Ils paraissent spécialement appelés à assurer la perpétuité des *Vampyrella* pour le cas où la destruction complète des algues ou une dessiccation excessive les empêche temporairement de vivre.

J'espérais qu'en soumettant ces kystes à une dessiccation plus ou moins longue, je pourrais étudier leur développement ultérieur ; mes efforts n'ont pas abouti jusqu'ici.

Vampyrella vorax Cnk. — Le *V. vorax* forme les kystes qui sont depuis longtemps connus autour des Diatomées. Je l'ai trouvé au commencement de mars 1882, au Jardin botanique de Buda-Pesth, entourant une petite espèce de *Synedra* vivant en colonies sur les tubes d'un *Vaucheria*. La grosseur et la forme des kystes sont très variables et dépendent l'une et l'autre du nombre et de la position des Diatomées qu'ils entourent. On en trouve de sphériques, d'ellipsoïdes, d'irrégulièrement lobés ; les cellules-kystes les plus petites ont 32 μ, les plus grandes atteignent 60 ou 100 μ. La membrane et la cellule-kyste sont simples et très minces; l'iode et l'acide sulfurique la bleuissent d'une façon bien nette. Le contenu en est finement ponctué et présente une coloration rouge sale. Quant aux Diatomées que la cellule-kyste entoure, elles conservent leur couleur jaune caractéristique jusqu'au voisinage de la maturité, époque à laquelle chaque squelette de Diatomée ne renferme plus que les débris non digérés de son contenu sous forme d'une petite masse brun sombre, qui est en même temps un signe de la maturité de la cellule-kyste. Son contenu rouge subit à ce moment une légère modification : en effet, il paraissait jusque-là répandu à peu près également dans tout le kyste ; mais, dès qu'il est mûr, le protoplasma se détache du squelette de Diatomées et forme une sorte d'auréole ponctuée autour d'elles. C'est aussitôt après que commence la sortie de la matière rouge (*fig.* 15, 16).

Digitized by Google

S'il s'agit de cellules-kystes très petites, le contenu tout entier en sort sans se diviser; mais plus souvent, suivant les dimensions de la cellule, il se divise 2 à 6 fois [1]. La sortie commence généralement à se produire en autant de points qu'il y aura de zoospores; mais il arrive aussi qu'il y en ait définitivement moins qu'il ne paraissait devoir s'en produire : j'ai eu l'occasion de voir une cellule-kyste dont le contenu sortait à la fois par six points différents, mais deux des prolongements qui s'étaient formés rentrèrent dans la masse et se réunirent à deux autres proéminences, de sorte qu'il n'y eut définitivement que 4 zoospores au lieu de 6.

La sortie commence le plus souvent à se produire très brusquement, et par tous les points à la fois; quant à la division totale de la masse protoplasmique à l'intérieur de la cellule-kyste et à la fin de l'expulsion, toutes deux ont lieu très lentement; pendant la sortie, les différentes parties présentent déjà des formes très variables et des pseudopodes plus ou moins nombreux (*fig.* 16).

Les zoospores libres présentent des formes toutes particulières; ils sont rarement sphériques ; presque toujours ils sont irréguliers, anguleux, ont des formes très variables et des pseudopodes très irrégulièrement répartis, mais développés surtout aux angles et du côté vers lequel se fait le mouvement (*fig.* 17).

Leurs mouvements sont assez vifs et rappellent un peu ceux des vrais amibes. La rapidité des contractions et des changements de forme rappelle beaucoup ce qui se passe chez les amibes et établit une différence entre le *V. vorax* et les autres *Vampyrella*, qui ont des mouvements lents et des changements de forme peu sensibles.

Les zoospores ont des dimensions variables; lorsqu'ils sont sphériques, ils ont un diamètre de 16 à 20 μ; lorsqu'ils sont irréguliers, ils deviennent souvent beaucoup plus grands.

Lorsqu'ils s'allongent par suite de leurs mouvements de reptation, on reconnaît qu'ils sont formés d'une substance fondamentale incolore où sont répandues des granulations rouges

---

[1] Voy. les dessins de Lüder dans *Bot. Zeit.*, 1860, pag. 379.

Digitized by Google

ou jaunes avec de petites gouttelettes d'huile. Quelquefois le zoospore paraît tout écumeux, par suite de la présence d'un grand nombre de petites vacuoles entre lesquelles est répandue la matière rouge.

Les zoospores du *V. vorax* s'unissent entre eux ; leur copulation est même particulièrement facile à observer. Elle se produit à peu près comme dans les autres *Vampyrella*, avec cette différence toutefois qu'ils produisent souvent, pendant leur période de mouvement, de très longs prolongements qui leur permettent de s'unir à une grande distance les uns des autres. Dans ce cas, ils mettent longtemps à se rapprocher ; le filet protoplasmique qui les unit se raccourcit lentement, jusqu'à ce que le mélange des deux masses soit complet. Si les pseudopodes par lesquels a eu lieu le contact sont courts, la copulation est naturellement beaucoup plus rapide (*fig.* 18).

Si des plasmodes s'unissent entre eux, comme je les ai vus quelquefois s'associer par 2 ou 4, leur mobilité est encore plus grande et leurs changements de forme encore plus rapides que ceux des zoospores. Les différentes parties constitutives de ces plasmodes paraissent alors avoir des tendances à se séparer les uns des autres ; les filets qui les unissent changent sans cesse de forme et de longueur ; ils arrivent à une finesse excessive, sans se rompre pourtant. La cohésion y paraît très grande et paraît suffire pour assurer l'union des différentes parties qui tendent à se séparer, et pour les rapprocher plus tard en une masse homogène. On y observe des tiraillements tout particuliers entre les diverses parties. C'est à ce moment surtout que les différentes régions du plasmode présentent l'aspect écumeux dont j'ai parlé plus haut, et qui est dû à la présence d'une grande quantité de petites vacuoles.

Dans cet état, les zoospores et les plasmodes du *V. vorax* rappellent beaucoup le *Leptophrys* décrit par MM. Hertwig et Lesser, et je suis tout disposé à croire qu'il ne constitue en réalité que l'état zoospore du *V. vorax*. Ces savants ont du reste reconnu la possibilité de cette identité, mais la présence des vacuoles et du

Digitized by Google

noyau qu'ils croient avoir trouvé chez le *Leptophrys*, leur en a fait repousser la réalité. Or les vacuoles se produisent dans tous les *Vampyrella* au moment de l'émission des zoospores, et dans bien d'autres cas encore. Du reste, la possibilité de former des vacuoles est un des caractères du protoplasma, et nous ne saurions la considérer au point de vue de la caractéristique de ces êtres.

Qu'il me soit permis de faire remarquer en passant qu'il ne me paraît pas légitime de fonder de nouvelles espèces et de nouveaux genres sur des formes douées de mouvement, car on peut confondre les zoospores des divers *Vampyrella* les uns avec les autres, aussi bien qu'avec certains Rhizopodes, tandis que leur forme durable ou d'autres états de leur développement permettent fort bien de les distinguer ; l'exemple que j'étudie, aussi bien que ce que j'aurai à dire des zoospores du *V. pedata*, montre combien il est facile de tomber dans l'erreur au sujet de ces corps.

Les plasmodes formés de la réunion de plusieurs zoospores ne se divisent ultérieurement qu'autant qu'ils ne se sont pas nourris. Il m'est arrivé de voir deux plasmodes se confondre et continuer à se mouvoir ; une nouvelle division suivie d'une nouvelle fusion se produisit entre eux, mais alors ils commencèrent à se nourrir et cessèrent de se diviser ; au contraire, la masse se transforma aussitôt en kyste.

Les zoospores aussi bien que les plasmodes se nourrissent dès qu'ils rencontrent un aliment, mais il ne leur est pas indifférent ; d'après mes observations, c'est presque exclusivement une petite espèce de *Synedra* vivant en groupes que les zoospores et les plasmodes envahissent ; je les ai vus au contraire négliger complètement une petite *Navicula* qui se trouvait abondamment mêlée aux *Synedra*, bien que souvent ils vinssent au contact d'individus de cette espèce. Cependant, lorsqu'une Navicule se trouvait nichée au milieu d'un groupe de *Synedra*, elle était envahie comme ces dernières, mais j'ai vu rarement des kystes enfermant à la fois plusieurs espèces.

Digitized by Google

Ces Diatomées sont complètement entourées par le protoplasma du *Vampyrella* ; si elles étaient libres, elles sont très fréquemment entraînées dans ses mouvements pendant quelque temps ; puis la masse entière s'arrête quelque part, les pseudopodes sont résorbés ; la masse s'arrondit et forme définitivement une légère membrane ; le nouveau kyste est constitué ; les *Synedra* y sont généralement disposées en faisceau, mais quelquefois aussi ils sont plus ou moins entrecroisés (*fig.* 15, 16).

Beaucoup de *Synedra* étaient fixés par groupes aux tubes d'un *Vaucheria* ; lorsque les zoospores ou les plasmodes venaient à les entourer, ils s'enkystaient là sans se mouvoir davantage. Si un même plasmode entoure à la fois deux groupes voisins de Diatomées, les kystes qui en résultent se moulent à peu près sur ces groupes, et conservent la forme générale qu'ils avaient pendant leur période de nutrition.

C'est dans le kyste qu'a lieu en réalité la digestion des Diatomées. La matière jaune, qui était au début régulièrement répartie, se contracte et se colore peu à peu en brun. Plus tard on ne voit plus dans chaque cellule de Diatomée qu'une petite masse brun sombre, résidu de la digestion ; puis le contenu rouge du kyste sort de nouveau sous forme de zoospores, et l'évolution recommence.

Les kystes que nous venons de décrire ont une durée assez faible ; il se produit plus tard des kystes durables ; ils ne renferment pas de Diatomées, ce que Cienkowski avait déjà fait remarquer ; ils ne se forment pas, comme chez les autres *Vampyrella*, par une simple modification des premiers ; ils sont formés par de grands zoospores ou par des plasmodes qui ne se sont pas nourris antérieurement. Les plasmodes s'arrêtent, subissent une contraction, s'arrondissent, s'entourent d'une légère membrane, et forment ainsi un kyste sphérique ou ellipsoïde. Le contenu a absolument la couleur et l'aspect de gros zoospores ou de plasmodes qui seraient contractés, mais ils subissent des modifications ultérieures ; leur contenu subit une nouvelle contraction, se recouvre d'une nouvelle membrane, d'abord simple, puis à double con-

Digitized by Google

tour et de plus en plus épaisse, qui devient plus foncée et ornée de grosses ponctuations. Il arrive que le protoplasma subisse une troisième contraction et se recouvre d'une troisième enveloppe intérieure aux deux premières. Le kyste durable est alors définitivement constitué avec ses trois enveloppes ; l'extérieure, tendre et déprimée, disparaît complètement dans la suite ; la seconde, plus épaisse, laisse souvent apercevoir de petites verrues sur sa face interne ; la troisième enfin est directement appliquée contre le protoplasma, sombre, rouge-brun, et séparé en petites gouttes huileuses. Dans l'espace entre les deux enveloppes internes on observe quelquefois quelques granulations rejetées par le protoplasma lors du dernier enkystement. Les dimensions de ces kystes sont très variables. Les plus grands ont 36 μ comme diamètre de la membrane externe, 28 μ pour la membrane moyenne, 20 μ pour la membrane interne (*fig.* 19).

Je ne puis rien dire encore du développement ultérieur de ces kystes durables.

Vampyrella pendula Cnk. — Cienkowski a, je l'ai déjà dit, étudié le développement de ce *Vampyrella* ; je n'ai qu'à confirmer ses observations sur presque tous les points ; sur quelques-uns seulement je crois nécessaire d'ajouter quelques renseignements complémentaires, notamment sur la copulation des zoospores, que j'ai observée aussi sur cette espèce.

J'ai trouvé le *Vampyrella pendula* sur plusieurs espèces d'*Œdogonium* indéterminables, parce qu'elles ne fructifiaient généralement pas. Il forme des kystes sphériques fixés à la paroi cellulaire de l'*Œdogonium* par un petit pédicelle. Le pédicelle, aussi bien d'ailleurs que le kyste, est entouré d'une très délicate petite membrane, que Cienkowski nomme le voile, de sorte que tout l'ensemble a l'apparence d'une poire. Le diamètre des kystes varie entre 16 et 36 μ; leur paroi bleuit sous l'action de l'iode et de l'acide sulfurique (*fig.* 20).

Le kyste mûr est pâle, rouge brique et finement ponctué ; au milieu se voit une tache sombre. Le contenu coloré se divise

Digitized by Google

d'ordinaire en 2-4 parties et ne reste indivis que dans les kystes les plus petits. Dans ce dernier cas, le contenu sort par la partie supérieure du kyste; dans les autres, il s'échappe par deux ouvertures latérales opposées l'une à l'autre, ou par quatre ouvertures disposées en croix sur les côtés du kyste. La sortie s'effectue ordinairement en même temps en autant de points qu'il y aura de zoospores formés aux dépens du contenu, mais la division n'en a lieu que pendant la sortie même. Sur ce point, mes observations diffèrent de celles de Cienkowski ; il croit que le contenu du kyste se divise avant la sortie et que la séparation en différentes parties a lieu dès ce moment. Je n'ai pas réussi à le voir une seule fois, malgré de longues recherches.

Si la division doit se faire en deux, on voit en deux points opposés de petites protubérances protoplasmiques incolores apparaître à la surface ; elles grandissent à vue d'œil, se hérissent de nombreux pseudopodes très fins. D'abord en massue, ils augmentent et s'élargissent (*fig.* 21), en se colorant peu à peu en rouge; il y apparaît aussi temporairement une ou deux vacuoles. En même temps, le contenu à l'intérieur du kyste s'est détaché de la paroi et s'étrangle légèrement dans son milieu. C'est suivant cet étranglement qu'a lieu la séparation des deux masses, qui abandonnent en même temps dans la membrane la petite masse brune qui apparaissait sous forme de tache au milieu du protoplasma.

Les zoospores constitués dès lors sont sphériques et tout couverts de très fins pseudopodes également répandus sur toute la surface. Ils conservent cette forme et la disposition des pseudopodes pendant leurs mouvements, qui sont lents d'ailleurs. La grandeur des zoospores varie suivant la grandeur des kystes et atteint 12 à 14 μ (*fig.* 22).

La copulation des zoospores se produit de la même façon que dans les espèces précédentes. Si deux d'entre eux se rencontrent et se touchent par leurs pseudopodes, aussitôt ils s'unissent par un lien délicat et incolore, qui se raccourcit de plus en plus ; le corps des deux zoospores vient à se toucher, et finalement ils s'unissent complètement (*fig.* 23). J'ai vu jusqu'à quatre zoospores

Digitized by Google

de cette espèce s'associer, tantôt d'égales dimensions, tantôt inégaux. La copulation peut aussi se produire entre deux corps protoplasmiques formés déjà chacun de la réunion de deux zoospores.

Quel que soit le nombre des zoospores unis, nous avons toujours affaire à un plasmode, bien que sa forme soit toujours assez régulièrement sphérique, tout au plus ovoïde, et que ses dimensions ne dépassent guère celle d'un gros zoospore.

A peine formés, les plasmodes cherchent à se nourrir, tandis que les zoopores isolés se meuvent très longtemps sur les filaments d'algues, sans prendre aucune nourriture. J'ai, par exemple, suivi pendant des heures deux zoospores sans qu'ils aient cherché à se nourrir ; ils finirent par se rencontrer sur un filament d'*Œdogonium*, et la copulation eut lieu entre eux. A peine fut-elle accomplie, que le plasmode constitué perça la paroi et absorba le contenu d'une cellule. Cependant, si les zoospores ne s'unissent pas, ils finissent pourtant par prendre de la nourriture ou meurent.

Pour se nourrir, le plasmode ou les zoospores se fixent sur une cellule d'*Œdogonium*, où ils restent quelque temps en repos ; les pseudopodes disparaissent en ce moment et la membrane cellulaire de l'*Œdogonium* est dissoute. Il se produit une légère secousse qui fait passer la plus grande partie du contenu vert de la cellule de l'*Œdogonium* dans le corps protoplasmique du *Vampyrella* considérablement gonflé. C'est sans aucun doute un effet de pression hydrostatique dû à la dilatation de la membrane cellulaire de l'*Œdogonium*. Le reste du contenu est ensuite sucé peu à peu par le *Vampyrella*. Le protoplasma vert absorbé se trouve au début accumulé au milieu du corps du *Vampyrella*, qui conserve encore un prolongement incolore engagé dans la cellule de l'algue. Ce prolongement rentrera plus tard dans la masse, et le contenu vert régulièrement réparti de façon à cacher presque complètement le contenu rouge. L'ensemble a un contour net et pourtant très délicat, et forme bientôt une légère tige, hyaline, incolore, qui peut présenter pendant un temps très court quelques granulations ; elles disparaissent bientôt et font

Digitized by Google

place au pédicelle particulier du kyste qui développe à l'intérieur de la première sa membrane propre, tandis que la membrane extérieure constitue le *voile*. Ce nouveau kyste met tout au plus trois-quarts d'heure à se former, depuis le moment où il se nourrit jusqu'à ce qu'il soit complètement achevé (*fig.* 25).

Le contenu des kystes tout jeunes est d'un vert presque pur, c'est à peine si sur les bords on voit une coloration rouge pâle. Plus tard il se colore tout entier en rouge brun, prend enfin une coloration rouge brique pâle, avec une tache obscure au milieu. Le kyste est mûr ; dès ce moment, son protoplasma peut constituer des zoospores et l'évolution recommence telle que je viens de la faire connaître.

J'ai encore à faire sur cette espèce une autre observation qui a échappé aux recherches de Cienkowski. Zoospores et plasmodes peuvent en effet passer à l'état de repos sans avoir pris aucune nourriture ; les pseudopodes sont résorbés et la masse se recouvre d'une légère membrane ; les kystes ainsi constitués sont sphériques et libres.

En outre, comme Cienkowski l'a fait connaître, le *V. pendula* possède aussi des kystes durables qui se développent de la même manière que ceux du *V. variabilis* (*fig.* 26). Les kystes ordinaires, après avoir rejeté des résidus de nutrition, se contractent, constituent une nouvelle membrane plus épaisse que la première et à double contour, munie de petites pointes aiguës ; le contenu est rouge-orangé foncé, et divisé en un grand nombre de gouttelettes d'aspect huileux. Certains kystes paraissent particulièrement destinés à devenir des kystes durables, car parmi ceux qui sont pédicellés on en voit parfois quelques-uns qui sont aussi munis de petites pointes. Peut-être que les kystes durables ne peuvent être produits que par un plasmode, bien que j'aie acquis la certitude que, si cela est, cette transformation n'est pas nécessaire, car j'ai vu des kystes issus de plasmodes se transformer directement en zoospores. Je ne puis rien affirmer encore au sujet du développement ultérieur des kystes durables du *V. pendula*.

Digitized by Google

Vampyrella inermis Klein. — J'ai donné ce nom à l'espèce que j'ai étudiée en 1868 à Zurich. A plusieurs égards, il ressemble aux espèces précédentes, mais il s'en distingue pourtant par diverses particularités qui le caractérisent nettement.

Comme le *V. pendula*, c'est sur des *Œdogonium* que le *V. inermis* forme des kystes presque identiques à ceux de la précédente espèce ; comme eux, ils sont munis d'un voile, d'un pédicelle, colorés en rouge et finement ponctués avec une tache sombre au centre.

J'y ai toujours vu la masse protoplasmique s'échapper sans se diviser pour former un seul zoospore, toujours sphérique, pourvu de deux sortes de pseudopodes, très fins, aigus ; les autres, beaucoup moins nombreux d'ailleurs, en massue, changent continuellement de place et de forme (*fig.* 28, 29).

La copulation des zoospores se produit comme dans les précédentes espèces ; j'y ai pourtant noté parfois des particularités qu'il ne sera peut-être pas inutile de signaler. J'ai vu, par exemple, une fois, le contenu rouge sortir d'un côté de la cellule-kyste, sous la forme d'une protubérance en massue, qui se couvrit bientôt de pseudopodes ; la tache brune était déjà rejetée de côté. C'est à ce moment qu'un zoospore s'approcha du côté opposé de la cellule-kyste ; aussitôt le protoplasma sortit aussi en face de ce zoospore, forma une protubérance de plus en plus grande, qui s'unit au zoospore en attirant vers lui tout le protoplasma qui avait fait hernie sur l'autre face de la cellule. Bientôt, tout le protoplasma eut quitté la cellule-kyste ; la copulation fut dès lors complète.

Ailleurs, j'ai vu la réunion des zoospores se faire à l'intérieur même du kyste, où un zoospore étranger allait s'unir à celui qui était occupé à en sortir.

Le plasmode constitué présente du côté vers lequel il progresse une marge étroite et témoigne que la fusion des deux masses n'est pas complète dès le début. Le protoplasma y est en effet accumulé en certains points ; il est, comme les zoospores, muni de fins pseudopodes, mais en possède, en outre, de très

Digitized by Google

gros, lobés, irréguliers et très mobiles, du côté vers lequel il progresse (*fig.* 30). Plus tard, le mélange devient complet et la marge disparaît partout, excepté du côté vers lequel a lieu le mouvement. Plus tard, il se fixe sur une cellule *d'Œdogonium*, lui enlève son contenu et forme un kyste. Tous ces phénomènes se passent comme dans le *V. pendula* ; les kystes durables que j'ai pu observer présentent, avec ceux de l'espèce précédente, une différence intéressante ; leur membrane primitive n'est pas hérissée des petites pointes que je viens de signaler chez le *V. pendula*. C'est pourquoi je l'ai nommé *inermis*. Pas plus que pour les espèces précédentes, je ne puis rien dire encore du développement ultérieur de ces kystes durables (*fig.* 31).

Vampyrella pedata Klein. — Cette espèce présente des caractères si particuliers qu'il faudrait peut-être la considérer comme un représentant d'un nouveau genre ; cependant la plupart de ses caractères la rapprochent des *Vampyrella*.

J'ai observé le *V. pedata* sur trois espèces *d'Œdogonium*. Ses cellules-kystes sont relativement grandes, elles ont de 44 à 52 μ de largeur sur 28 à 32 μ de hauteur. Leur forme est sphérique, ellipsoïde ou ovoïde irrégulière ; chaque cellule-kyste est pourvue d'un pied qui la fixe dans la cellule vidée de l'*Œdogonium* dont elle s'est nourrie. Une seule fois, j'ai vu un exemplaire qui était pourvu de deux semblables prolongements, enfoncés dans deux cellules contiguës de la plante nourricière. La membrane de la cellule-kyste est mince et simple, très délicate à la surface du pied ; l'iode et l'acide sulfurique la bleuissent (*fig.* 32, 33).

Lors de la maturité, le contenu est rouge brique foncé, à grosses ponctuations, avec des gouttelettes huileuses très réfringentes. Il y a toujours au milieu de la cellule quelques petites taches formées par les résidus non digérés de la nutrition.

La cellule-kyste forme ordinairement deux zoospores, quelquefois un seul, ce qui arrive pour les kystes les plus petits. Dans le cas le plus ordinaire, c'est par deux points opposés sur le côté de la cellule-kyste qu'a lieu la sortie ; elle est indiquée tout

Digitized by Google

d'abord par une ligne claire qui sépare tout à la fois à l'intérieur de la cellule les petites taches et les granulations protoplasmiques. Deux prolongements apparaissent, faiblement colorés en rouge d'abord, sans vacuole et sans pseudopode ; ils grandissent à vue d'œil : le contenu se détache de la paroi du kyste ; la masse s'étrangle suivant la ligne claire et se sépare définitivement en deux corps entre lesquels les résidus de la nutrition demeurent seuls (*fig.* 33-35).

Les deux zoospores, complètement dégagés, irrégulièrement sphériques, se meuvent lentement, et sans le secours de pseudopodes qui n'existent pas. Peu à peu leurs mouvements s'accentuent ; on voit alors apparaître, du côté vers lequel ils progressent, une marge très étendue parfaitement limitée vis-à-vis de la partie rouge, dans laquelle se voient des courants de très fins granules en différentes directions (*fig.* 36). Cette marge n'est autre chose qu'une sorte de gros pseudopode qui se meut de droite et de gauche, qui entraîne derrière lui la masse colorée en lui faisant subir le contre-coup de ses mouvements : il est rare qu'on y observe de vrais pseudopodes ; cela ne paraît se produire que très peu de temps avant la période de repos ; ils sont alors courts, très gros et irréguliers (*fig.* 37).

Ces zoospores ont été à deux reprises décrits par les zoologistes et considérés par eux comme des Rhizopodes, ce qui s'explique par l'ignorance dans laquelle ils étaient de leur état de kystes aussi bien que de leur mode de nutrition. Hertwig et Lesser [1] l'ont nommé *Hyalodiscus rubicundus* et F.-E. Schulze [2] l'a désigné sous le nom de *Plakopus ruber*. Ce dernier savant donne une courte description, avec de nombreuses figures, de la structure particulière et des curieux mouvements de ces zoospores. Les uns comme les autres ont cru y voir un noyau que je n'y ai jamais observé. Aussitôt après leur formation, les zoospores ont une coloration tellement foncée, qu'il n'est pas possible d'en étu-

---

[1] *Loc. cit.*, pag. 49.

[2] F.-E. Schulze ; Archiv für mikrosk. Anat., vol. XI, pag. 348.

Digitized by Google

dier l'intérieur ; plus tard ils sont un peu plus brillants, vraisemblablement par suite des transformations que la respiration fait subir au contenu. On y observe bien alors une masse sombre, mais ce n'est autre chose que le résidu de la digestion, et on ne saurait le confondre avec un noyau.

Ces zoospores peuvent s'enkyster même sans avoir pris de nourriture ; ils forment dans ces conditions des kystes sphériques, libres, à membrane délicate. Lorsque plus tard ils se résolvent de nouveau en zoospores, on n'y retrouve plus ce prétendu noyau, mais des granulations opaques persistent seulement dans la membrane vidée du kyste (*fig.* 38).

Les zoospores du *V. pedata* se meuvent rapidement et pendant longtemps, quelquefois pendant plus de huit heures, sans prendre de nourriture, bien que souvent ils rampent sur les filaments d'*Œdogonium*. Je n'ai pu acquérir la preuve qu'ils se réunissent entre eux, malgré de longs efforts. Divers indices pourtant me font croire que cette copulation a lieu.

Pendant leur période de nutrition, les zoospores du *V. pedata* se fixent pendant quelque temps sur une cellule d'*Œdogonium*, presque sans se mouvoir ; la paroi cellulaire est bientôt dissoute, mais l'absorption du contenu de la cellule se fait d'odinaire lentement ; si l'*Œdogonium* a de grosses cellules, le contenu d'une seule d'entre elles suffit au zoospore, qui ne l'absorbe même pas toujours tout entière. Dans les petites espèces d'*Œdogonium*, le zoospore, avant de s'enkyster, vide successivement plusieurs cellules, quelquefois assez éloignées les unes des autres. Il arrive aussi qu'un zoospore absorbe le contenu de deux cellules voisines, et qu'alors il s'enkyste sur place avec les deux pieds dont j'ai parlé au début ; mais ce dernier cas n'est pas fréquent. Presque toujours, après s'être nourris, les plasmodes aussi bien que les zoospores continuent à se mouvoir et s'en vont sur d'autres cellules voisines du même filament, ou même sur d'autres filaments. Au moment de l'enkystement, il arrive fort fréquemment que la couleur du *Vampyrella pedata* soit un peu verte, mais elle se transforme peu à peu, prend la coloration foncée caractéristi-

Digitized by Google

que de la maturité, qui persiste pendant un à trois jours, et pâlit ensuite pour laisser apparaître en même temps les taches foncées que nous avons fait connaître.

Je n'ai pas jusqu'à présent trouvé de kystes durables chez le *Vampyrella pedata*.

A la suite de l'histoire des *Vampyrella*, je dois faire connaître encore un organisme qui rappelle beaucoup les précédents, mais qui, à quelques points de vue, notamment par son mode de nutrition, se rapproche considérablement du *Monas amyli* Cnk. C'est en raison de cette ressemblance que je l'ai nommé *Monadopsis vampyrelloïdes*. Sa parenté avec le *Vampyrella* est incontestable.

Au fond du verre où je cultivais les *Vampyrella variabilis*, *pendula* et *pedata*, se trouvaient des masses mucilagineuses, formées de la réunion d'un grand nombre d'algues vertes unicellulaires qu'il faut sans doute rapporter au genre *Tetraspora*. C'est au milieu de ces cellules que se trouvait mon *Monadopsis*; il y formait de très petites cellules-kystes, sphériques ou ellipsoïdes, qui rappellent les kystes les plus petits du *V. variabilis* (*fig.* 39). Leur membrane est très délicate, prend une coloration bleue très nette sous l'action de l'iode et de l'acide sulfurique; leur contenu est rouge pâle, finement ponctué, avec quelques granulations obscures. Il quitte plus tard la membrane, tout à fait comme dans les *Vampyrella*; presque toujours je l'ai vu sortir en deux ou trois parties; l'émission commence chez les *Vampyrella* en autant de points différents qu'il se formera de zoospores. Mais il m'a paru qu'ici la division du protoplasma se fait dès avant la sortie. Le protoplasma sort sous forme d'un petit prolongement de plus en plus gros, et chaque zoospore abandonne lentement la membrane du kyste (*fig.* 40); après leur sortie, le mouvement de ces zoospores n'est pas plus rapide; leur coloration est rouge pâle; formes anguleuses variables, à la manière des Amibes les plus petits. Leurs angles sont finement étirés en pseudopodes à peine visibles, qui les rapprochent beaucoup des corps

Digitized by Google

à forme d'*Actinophrys* qui proviennent des zoospores de *Monas Amyli* [1] (*fig.* 41).

Je n'ai pu observer directement la copulation de ces zoospores, mais elle me paraît fort probable; car si je n'ai pu la constater c'est fort probablement à cause de la petitesse et de la faible coloration de ces corpuscules, qu'on ne peut suivre dans leurs mouvements au milieu des algues où elles vivent.

Qu'un de ces zoospores arrive au contact d'une de ces cellules que, sans une détermination plus exacte, nous rapporterons au genre *Tetraspora :* aussitôt il s'y étale, s'élargit à sa surface, de façon à l'entourer de la même façon que le fait le *Monas Amyli* autour des grains d'amidon (*fig.* 42). Quand la cellule verte est complètement englobée, le *Monadopsis* s'entoure d'une nouvelle membrane à l'intérieur de laquelle sont enfermées les cellules du *Tetraspora*. Il y a même des kystes dans lesquels on trouve jusqu'à 3 ou 4 cellules vertes à la fois (*fig.* 43). Dans ce cas, un seul zoospore de *Monadopsis* n'a pu suffire, car ils sont individuellement bien trop petits; mais il a bien fallu que plusieurs d'entre eux se réunissent d'abord, ou tout au moins qu'ils se soient rencontrés en même temps autour des cellules nourricières et qu'ils se soient réunis au moment même où ils les entourent, comme cela arrive aussi pour le *Monas Amyli* [2].

Les cellules vertes englobées dans le jeune kyste paraissent intactes au début et sont entourées d'une couche gris pâle. Mais la masse verte se rétrécit peu à peu, tandis que la couche grise devient de plus en plus épaisse et se colore peu à peu en rouge. Enfin la matière verte disparaît complètement; le kyste est mûr; l'évolution que nous venons de décrire recommence.

Après la sortie des corps protoplasmiques, qui vont constituer les zoospores, on voit encore dans la membrane vidée du kyste quelques petites granulations de couleur foncée, dont nous avons déjà constaté la présence dans le kyste mûr; ce sont les résidus

---

[1] Voy. Cienkowski; Das Plasmodium. *Pringsheims' Jahrb.*, Band III, pl. XIX, *fig.* 10 et 11.

[2] Voy. Cienkowski; *loc. cit.*, pag. 431 et pl. XIX, *fig.* 13-15.

Digitized by Google

de la digestion qui, après l'émission des zoospores, se réunissent toujours en un globule légèrement coloré, formé vraisemblablement à l'intérieur de la membrane non digérée de la cellule nourricière (*fig.* 44).

Peut-être existe-t-il encore d'autres périodes de l'évolution du *Monadopsis* qui m'ont échappé. J'ai cru pourtant devoir en dire ici ce que j'ai pu en connaître, parce que cet être me paraît bien être une forme de passage entre les *Vampyrella* et le *Monas amyli*.

PLACE DES VAMPYRELLA DANS LA CLASSIFICATION.

Nous ne pouvons songer à établir avec quelque précision le développement des *Vampyrella* que si nous attachons une égale importance à tous les états de leur développement. On n'y était pas arrivé jusqu'ici : d'abord parce que nos connaissances présentaient de nombreuses lacunes sur certains points, puis aussi parce que la plupart des auteurs se sont attachés de préférence à l'état libre ; ils ont été amenés tout naturellement à considérer les *Vampyrella* comme des animaux, et avant tout comme des Rhizopodes. Les recherches de Cienkowski le mirent sur la voie en lui faisant reconnaître la ressemblance des *Vampyrella* et des organismes voisins avec les Myxomycètes ; il les connaissait pourtant encore trop imparfaitement, puisqu'il n'y avait vu ni la copulation des zoospores ni la formation du plasmode ; c'est pourquoi il considère encore les *Vampyrella* et les formes voisines comme des Animaux, comme des Monades, formant le passage au règne végétal.

Si au contraire nous nous rappelons ce que nous venons de voir sur le développement de ces êtres, nous serons amené à conclure qu'ils ont bien plus de rapports avec les plantes qu'avec les animaux, et nous reconnaîtrons que, d'une part, ils ont bien des traits communs avec les Chytridiacées, qu'à d'autres égards ils ne peuvent être éloignés des Myxomycètes.

Leur vie dans l'eau et la forme de leurs kystes rappellent les

Digitized by Google

Chytridiacées[1]. Comme eux, les *Vampyrella* ont des cellules-kystes d'où s'échappent des corps mobiles, des zoospores ; et il est à remarquer qu'à côté de différences notables, les zoospores des Chytridiacées présentent aussi des mouvements amiboïdes et des changements de forme[2]. Le mode de nutrition est le même des deux côtés, mais se fait plus rapidement chez les *Vampyrella* que chez les Chytridiacées. Chez ces dernières, on trouve aussi, dans les kystes vidés, ces corps bruns que nous avons reconnus chez tous les *Vampyrella* ; des deux côtés, ce sont des résidus de la digestion[3]. Enfin il faut ajouter encore que les phénomènes de copulation sont connus déjà dans les Chytridiacées, et que Sorokin a vu les zoospores s'accoupler dans son *Tetrachytrium triceps*. L'*Olpidiopsis Saprolegniæ*, Chytridiacée connue depuis longtemps pour vivre dans les tubes de *Saprolegnia*, émet des zoospores qui pénètrent dans les tubes du *Saprolegnia*, qui s'y meuvent et y changent de forme grâce à leurs mouvements amiboïdes, et forment plus tard des sortes de plasmodes de dimensions assez considérables, qui sont probablement formés par la réunion d'un certain nombre de zoospores à l'intérieur même des *Saprolegnia*[4].

D'autre part, les mouvements, les changements de forme et le fusion des zoospores, la formation des plasmodes, sont identiques chez les *Vampyrella* et les Myxomycètes, ce qui permettrait encore de considérer les *Vampyrella* comme des Myxomycètes aquatiques. Qu'ils vivent dans l'eau, on ne saurait à coup sûr fonder une différence sérieuse sur cet habitat ; le développement des Myxomycètes se fait toujours dans des lieux humides, et il y a d'ailleurs beaucoup de familles animales et végétales dont certains représentants vivent dans l'eau, tandis que les autres ha-

---

[1] Braun ; *Ueber Chytridium*, etc.

[2] Sorokin ; Einige neue Wasserpilze. *Bot. Zeit.*, 1874, pag. 307.-A. Fischer, *Bot. Zeit.*, 1880, pag 705.

[3] Nowakowski ; Beitr. z. Kenntn. d. Chytridiaceen, *Beitr. z. Biologie der Pflanzen* de F. Cohn. Band II, pag. 77 et pl. IV, *fig.* 1, 7 et 9.

[4] A. Fischer ; *Bot. Zeit.*, 1880, pag. 705.

Digitized by Google

bitent l'air, et qui constituent pourtant des séries des plus naturelles. Cette circonstance que les zoospores et le plasmode lui-même peut s'enkyster sans s'être nourri, se retrouve encore chez les Myxomycètes, où nous connaissons des kystes provisoires formés dans des circonstances défavorables, qui peuvent, comme ceux des *Vampyrella*, revenir plus tard à l'état de mouvement[1].

De tout ceci il résulte, je crois, que les *Vampyrella* se rapprochent beaucoup des Chytridiacées, mais que leur parenté avec les Myxomycètes est encore plus étroite. Je suis d'avis qu'on pourrait les considérer comme l'origine d'une série double qui passerait aux Myxomycètes par une série d'intermédiaires encore inconnus, et d'autre part aux Chytridiacées.

Le noyau manque, il est vrai, chez les *Vampyrella*, tandis qu'on le trouve chez les Myxomycètes et les Chytridiacées ; l'absence du noyau me paraît être le signe d'une organisation plus simple, marquer par conséquent l'infériorité des *Vampyrella* par rapport aux deux groupes en présence, mais ne me semble pas suffire pour les en éloigner. On peut ajouter encore, en faveur de la même idée, que la fusion des zoospores n'a pas encore atteint le degré de développement auquel il est arrivé chez quelques Chytridiacées et les Myxomycètes, puisqu'elle y paraît nécessaire pour que la suite du développement ait lieu ; chez les *Vampyrella*, nous savons que les zoospores peuvent continuer à se développer, se nourrir, et former de nouveaux kystes, même s'ils ne se sont pas copulés.

C'est un phénomène fréquent chez les organismes inférieurs, qui constituent des formes de passage d'un groupe à l'autre, que certain caractère qui leur est particulier ne soit pas d'ailleurs également développé dans toutes les espèces. Ainsi, bon nombre de Chytridiacées sont uniquement asexuées, n'ont que des zoospores ; d'autres, notamment le *Tetrachytrium*, présentent une copulation des zoospores ; d'autres enfin, telles que le *Zygochytrium*, présentent des phénomènes de copulation qui les rappro-

[1] De Bary : Morphol. und Physiol. d. Pilze, Flechten, und Myxomyceten, pag. 310 et 311.

Digitized by Google

chent des Myxomycètes, avec lesquels les affinités des Chytridiacées paraissent aujourd'hui démontrées.

Les *Vampyrella* en sont un autre exemple en ce qu'ils sont ordinairement unisexués et se reproduisent par des zoospores chez lesquels pourtant des phénomènes de copulation apparaissent sans s'y manifester encore comme nécessaires.

A tous les caractères que nous avons signalés en faveur de la thèse qui voit dans les *Vampyrella* des plantes plutôt que des animaux, nous pouvons ajouter celui du bleuissement des membranes de leurs kystes par l'iode et l'acide sulfurique, caractère commun à presque toutes les membranes cellulaires végétales. Leur mode de nutrition milite encore en faveur de cette manière de voir, car les *Vampyrella*, comme la plupart des champignons parasites, se nourrissent aux dépens de certaines espèces déterminées. Je n'ai pas vu les zoospores du *V. variabilis* se nourrir sur deux espèces, bien qu'à côté d'eux il y eût divers *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Œdogonium* et *Cladophora*. Il en est de même pour les *V. pendula*, *V. inermis* et *V. pedata*. Enfin le *V. vorax* se nourrit presque exclusivement, nous l'avons vu, d'une seule espèce de Diatomée. Les vrais Amibes et d'autres Rhizopodes se comportent tout autrement, se nourrissent de n'importe quel protoplasma vivant ; le *Nuclearia*, que Cienkowski place près de *Vampyrella* parmi les Monades, vide successivement les cellules d'algues très différentes qu'il rencontre sur son passage.

Il n'en est pas moins vrai que le développement des *Vampyrella* est en beaucoup de points le même que celui de certains animaux. Leurs zoospores ressemblent d'une façon si frappante aux Rhizopodes du genre *Actinophrys*, qu'on les a souvent désignés sous le nom d'Amibes en forme d'Actinophrys. Il faut en excepter les zoospores du *V. pedata* qui n'a pas les pseudopodes semblables à ceux des *Actinophrys*, mais dont les mouvements n'en ont pas moins les mêmes caractères.

Il est encore, dans le mode de nutrition, un fait qui rapproche les *Vampyrella* des animaux : nous savons en effet que le plasmode ou le zoospore s'applique contre la cellule nourricière, en

Digitized by Google

perce la membrane et en absorbe tout d'un coup ou du moins en très peu de temps le contenu ; mais si nous passons en revue les divers moyens par lesquels les plantes parasites absorbent leur nourriture, nous y verrons une foule de procédés avec lesquels celui des *Vampyrella* a des ressemblances qui rendent son mode d'absorption moins particulier qu'il ne le semble au premier coup d'œil.

Il y a donc, dans l'histoire de ces êtres, certains faits qui les rapprochent des animaux ; d'autres au contraire les placent plus près des plantes. Nous pouvons les considérer comme des êtres intermédiaires : ils appartiennent à cet ensemble d'organismes qui peuvent à la fois être considérés comme le point de départ des animaux et des plantes.

C'est pour ces êtres, pour ainsi dire ni animaux ni plantes, qu'on a cru devoir créer un troisième règne, celui des Protistes ; il n'a pas encore été adopté d'une façon générale, et à vrai dire sa création ne me paraît pas suffisamment motivée. On range dans ce règne des Protistes tous les organismes très simples qu'il est difficile de rapporter nettement à tel ou tel groupe ; mais suivant que certains d'entre eux présentent des caractères qui rappellent davantage les plantes ou qui rappellent au contraire davantage les animaux, on pourrait distinguer des Protistes animaux et des Protistes végétaux. Les uns passent aux plantes, les autres aux animaux. Si nous remontons la série, nous arrivons quelque part à des êtres qui ne peuvent être plutôt placés d'un côté que de l'autre. C'est là le point de départ commun qui nous sert de base et que nous considérons comme la souche commune aux deux règnes.

La nature n'a pas les limites nettes, cela est plus vrai que partout ailleurs lorsqu'il s'agit de l'histoire du développement des êtres ; et pourtant nous ne pouvons la concevoir qu'au moyen de limites qui sont nécessaires. Mais n'est-il pas plus légitime et plus simple de ne chercher une limite qu'entre les animaux et les plantes, au lieu de jeter entre eux un nouveau règne que nous aurons également à limiter vis-à-vis des plantes d'une part, vis-

Digitized by Google

à-vis des animaux de l'autre, et où nous éprouverons en outre la difficulté de savoir si tel ou tel Protiste est plus végétal qu'animal, et inversement?

La distinction entre les animaux et les plantes a été établie sur l'observation des formes les plus élevées, ce qui est légitime et naturel, car entre les plantes élevées en organisation et les animaux les plus différenciés, il n'y a pas seulement des différences mais des caractères opposés qui s'excluent réciproquement. Ces caractères opposés deviennent de moins en moins nombreux et moins définis à mesure qu'on descend dans la série, puis s'effacent complètement. La même chose n'existe pas quand il s'agit des Protistes, parce que bon nombre des êtres qu'on y a rangés peuvent encore être déterminés comme animaux ou comme plantes, et que le nombre de ceux qu'on ne peut encore rapporter ni à l'un ni à l'autre des deux groupes est si faible que l'établissement d'un règne nouveau pour eux me paraît tout à fait superflu. Ces êtres-là appartiennent aussi bien aux plantes qu'aux animaux; ce sont des formes de passage, des points de départ communs dans deux directions divergentes, que les zoologistes et les botanistes ont autant d'intérêt à suivre de la façon la plus attentive.

Nous connaissons déjà la parenté des *Vampyrella* avec les Myxomycètes et les Chytridiacées d'une part, avec les Rhizopodes et d'autres organismes amiboïdes d'autre part. Nous avons constaté que certaines particularités les relient aux uns et aux autres. Nous pouvons donc espérer que leur étude, poursuivie de près à ce double point de vue, nous amènera à préciser plus exactement leur place.

Si maintenant nous cherchons à déterminer les plus proches parents des *Vampyrella* et leur position relative, nous aurons à nous occuper successivement du *Monadopsis*, du *Monas amyli* de Cienkowski[1] (*Protomonas amyli*, Hæckel)[2], du *Protomyxa*

---

[1] *Pringsh. Jahrb.* Band III, pag. 427.-*Archiv. für mikr. Anatom.* Band I, pag. 204-213.

[2] Hæckel, *Biol. Studien.* Band I, pag. 71.

Digitized by Google

aurantiaca de Hæckel, et peut-être aussi de son *Myxastrum radians*[1].

Le *Monas amyli* possède des kystes aux dépens desquels se forment beaucoup de zoospores ; ils sont formés par une division du contenu du kyste, qu'ils abandonnent ensuite. Au début, ils sont oblongs, fusiformes et munis de deux cils ; plus tard, ils prennent la forme d'amibes et se fusionnent plusieurs ensemble pour former de petits plasmodes. Pour arriver à cette fusion, plusieurs zoospores s'appliquent sur un même grain d'amidon de *Nitella*, se réunissent en formant autour du grain une sphère protoplasmique, puis un kyste. Le *Monas amyli* possède d'ailleurs aussi des kystes durables, comme les *Vampyrella*.

Le *Protomyxa* et le *Myxastrum* sont des organismes marins. Le premier forme des kystes sphériques, remplis d'un protoplasma coloré en rouge orangé intense. Le contenu se divise plus tard en nombreux corps dépourvus d'enveloppe qui quittent le kyste et constituent les zoospores ; ils ont au début la forme d'une poire et sont terminés à leur extrémité effilée par un cil délicat : ils ont donc la forme et le mouvement des zoospores de Myxomycètes. Plus tard, les zoospores du *Protomyxa* prennent aussi la forme amiboïde et s'accouplent les uns avec les autres lorsqu'ils se rencontrent. Il se forme ainsi des plasmodes munis de vacuoles s'anastomosant entre elles, comme celles des Myxomycètes. Après avoir pris sa nourriture, qui consiste en Diatomées et autres organismes dont les parties dures sont rejetées après l'absorption de leur contenu, le plasmode du *Protomyxa* s'arrondit, sécrète une membrane et forme un nouveau kyste.

Les zoospores du *Monas amyli* et du *Protomyxa* sont dépourvus de noyau et ont le même degré de développement que ceux des *Vampyrella*, mais la forme initiale des zoospores des deux premiers organismes les rapproche davantage des Myxomycètes.

Le *Myxastrum radians* semble avoir atteint un degré de dé-

---

[1] *Loc. cit.*, pag. 10 et 30.

Digitized by Google

veloppement encore plus élevé ; le contenu de ses kystes se divise en effet en plusieurs parties munies chacune d'une enveloppe ; Hæckel leur donne le nom de spores. Chacune de ces spores, après s'être dégagée de la membrane du kyste, produit un zoospore en forme d'Actinophrys. Ces zoospores grandissent, peut-être seulement par suite de leur nutrition, peut-être aussi par copulation (le fait n'a pas été observé), contractent et résorbent leurs pseudopodes, sécrètent une enveloppe et retournent à l'état de kyste.

De tous les organismes que nous connaissons, c'est peut-être celui-là qui présente, avec les *Vampyrella*, la plus étroite parenté et qui établit le passage entre eux et les Myxomycètes.

Mais nous avons constaté chez le *Vampyrella* divers caractères qui le rapprochent des animaux, et nous pouvons encore nous demander quels sont les êtres qui forment le passage entre eux et le règne animal.

Les données actuelles ne sont peut être pas suffisantes pour établir de très près la parenté du *Vampyrella* avec les animaux ; mais il faut en tout cas la chercher parmi les Rhizopodes les plus inférieurs, et notamment parmi les Amibes[1]. Il est possible que le *Nuclearia* établi par Cienkowski, et peut-être aussi l'*Actinophrys sol*, appartient à ces formes de passage qui unissent les *Vampyrella* au règne animal.

Quant au *Nuclearia*, ses zoospores ont, extérieurement du moins, la plus grande ressemblance avec ceux des *Vampyrella*. Au point de vue de leur forme, de leurs pseudopodes, de leurs mouvements, et aussi dans une certaine mesure au point de vue de leur mode de nutrition, il y a presque similitude entre les deux genres ; mais le développement du *Nuclearia* est encore trop imparfaitement connu pour nous permettre de conclure à leur parenté étroite. Ce que nous savons de l'*Actinophrys* nous autorise pourtant à la regarder dès maintenant comme vraisemblable.

---

[1] F. E. Schulze ; Hypothetischer Stammbaum der Rhizopoden. *Archiv. für mikr. Anatomie.* Band XIII, pag. 21, pl. III.

Digitized by Google

Il est certain que l'*Actinophrys sol* se relie directement au *Nuclearia*. Tous deux sont constitués par un protoplasma incolore très vacuolaire, ont un noyau presque toujours central, et se rapprochent encore par la forme de leurs pseudopodes, par leur vacuole contractile, leur mode de nutrition et de division.

Je crois devoir ajouter encore quelques observations personnelles sur l'*Actinophrys*, dont la connaissance demande, je crois, à être complétée. Il me semble qu'il y a bien à ajouter encore sur la copulation ou la conjugaison de cet être, qui ne me paraît pas se produire aussi fréquemment que Hertwig et Lesser le prétendent.

Mon intention n'est pas de développer ici la structure et le développement de l'*Actinophrys sol* ; je ne ferai qu'ajouter quelques renseignements complémentaires sur la division et la copulation dans cette espèce.

J'ai pu suivre pendant six jours de suite cinq *Actinophrys* que je cultivais dans une même préparation. Au début, ils avaient à leur disposition peu de nourriture et témoignaient une remarquable mobilité. D'eux d'entre eux, très différents de grosseur, vinrent en contact et formèrent, après leur fusion complète, un nouvel individu très grand, complètement sphérique, pourvu d'une cavité contractile. Plus tard, il se forma dans la préparation une masse d'infusoires, et notamment de petits organismes mobiles monadiformes ; ils constituèrent pour les *Actinophrys* une nourriture très favorable. Ceux-ci se mirent à grossir aussi bien que ceux qui ne s'étaient pas accouplés, prirent la forme oblongue ou en biscuit, et laissèrent voir deux noyaux qui se trouvaient chacun au milieu d'une des moitiés de l'ensemble. La division ainsi préparée s'effectua alors ; les deux moitiés s'éloignèrent l'une de l'autre ; le protoplasma qui les réunissait devint de plus en plus étroit, se réduisit à un mince filet, et finit par se rompre. Cette division se reproduisit sous mes yeux 4 ou 5 fois en six jours. Pendant ce même temps, je ne pus voir qu'une seconde copulation, qui même n'aboutit pas complètement ; les

Digitized by Google

deux *Actinophrys*, au moment où leur union allait être complète, se séparèrent l'un de l'autre ; l'un d'eux recommença à se diviser comme antérieurement. De ces exemples et de quelques autres dans le détail desquels je crois inutile d'entrer, je crois pouvoir conclure que la copulation est un phénomène assez peu fréquent chez l'*Actinophrys* ; ceux de ces organismes qu'on rencontre avec deux ou plusieurs noyaux oblongs ou en forme de biscuit, qu'Ehrenberg avait déjà observés et auxquels il a donné le nom d'*A. difformis*, sont, selon moi, des individus en voie de division et non de conjugaison [1].

Mais ce qui nous intéresse le plus en tout ceci, c'est qu'il y a réellement une copulation chez les *Actinophrys*, que cette copulation ressemble assez à celle que nous avons observée dans les *Vampyrella* pour que nous puissions reconnaître entre eux des caractères de parenté. Mais puisque nous savons déjà que le *Nuclearia* ressemble d'une manière remarquable à l'*Actinophrys*, nous avons aussi à voir par quels liens le premier s'unit aux *Vampyrella*.

Le *Nuclearia* et l'*Actinophrys* ont tous deux des noyaux qui manquent aux *Vampyrella*, et marquent par conséquent un état de développement un peu plus élevé. C'est aussi le cas pour la plupart des Amibes, qui à d'autres points de vue aussi se relient aux *Vampyrella*, sans qu'on ait pourtant la preuve de leur parenté.

On ne connaît, je crois, aucune forme dépourvue de noyau qu'on puisse considérer comme intermédiaire entre le *Vampyrella* et le *Nuclearia*.

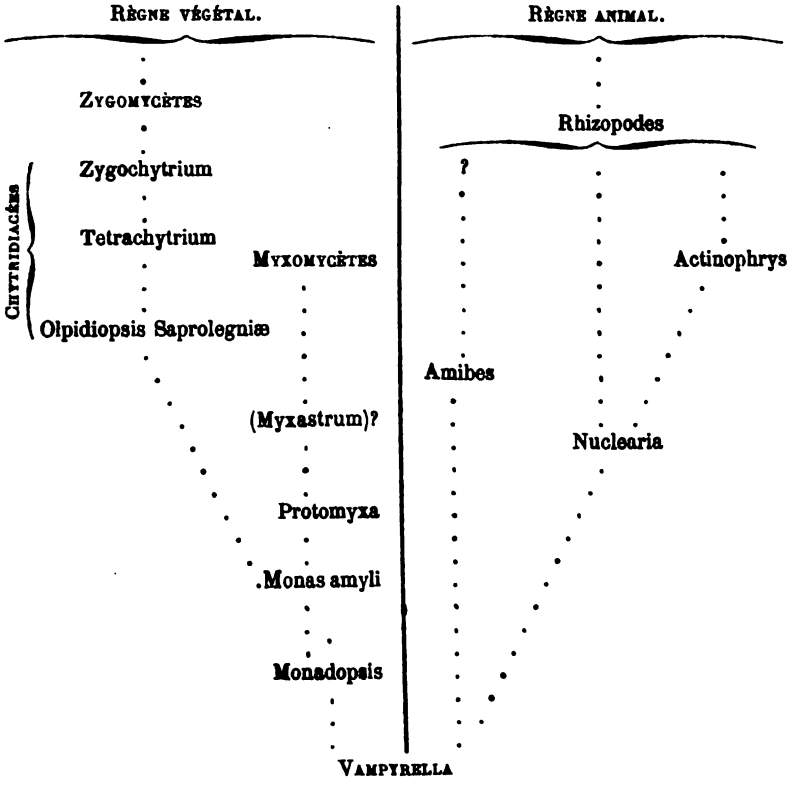
Si je considère l'*Actinophrys* et le *Nuclearia* comme formant le passage du *Vampyrella* aux animaux, c'est que je considère tout ce que nous savons des deux premiers comme étant avant tout de nature animale. Tels sont le mode de nutrition, la digestion des matières nutritives, la division, phénomènes qui ont tous lieu pendant la période de mouvement et se passent tout à

[1] Ehrenberg; Infusionsthierchen, pl. XXXI, *fig.* 8.

Digitized by Google

fait comme chez les animaux déjà différenciés les plus voisins des êtres qui nous occupent ; ils diffèrent au contraire de ce qui se passe ordinairement chez les plantes. Je pourrais ajouter encore, à l'appui de ma manière de voir, la présence d'une cavité contractile.

Si nous essayons de représenter dans un tableau les affinités et la parenté du *Vampyrella* avec les différents groupes inférieurs des plantes et des animaux, voici, à mon avis, comment nous pourrons l'établir.



Dans ce tableau, le *Vampyrella* occupe la place d'un point de départ commun aux deux règnes ; pourtant il est déjà plus végétal qu'animal, les principales particularités de son développement en témoignent.

De cette souche, nous voyons sortir directement les Myxomy-

Digitized by Google

cètes en passant par certains intermédiaires tels que le *Monadopsis*, le *Monas amyli*, le *Protomyxa* et peut-être le *Myxastrum*. Les Myxomycètes terminent cette série, car les autres champignons ne s'y laissent pas rattacher.

Du *Monas amyli* sort une nouvelle série constituée par les Chytridiacées, et tout d'abord par l'*Olpidiopsis Saprolegniæ*, qui passe successivement au *Tetrachytrium* et au *Zygochytrium*, et par ces intermédiaires aux Zygomycètes.

Il est plus difficile de rétablir les rapports généalogiques des animaux avec le *Vampyrella*. Ils paraissent passer d'une part aux Amibes, d'autre part aux *Nuclearia*, puis à l'*Actinophrys* et aux Rhizopodes, mais sans qu'il soit possible d'établir les degrés successifs de parenté que les recherches ultérieures feront peut-être découvrir.

Il y a des organismes plus simples encore que le *Vampyrella*, mais nous ne pouvons dire encore quels liens les unissent entre eux. Je n'ai pas l'intention de rechercher non plus quels rapports existent entre les plantes à chlorophylle et celles dont nous venons de parler. De Bary l'a essayé récemment pour une autre série de champignons [1]. Il reste encore bien des choses à dire sur ce point, mais je n'ai voulu ici qu'étudier un petit rameau de l'arbre généalogique commun aux animaux et aux plantes.

COUP D'ŒIL GÉNÉRAL ET CARACTÉRISTIQUE DES ESPÈCES DE VAMPYRELLA CONNUES ET DES ESPÈCES LES PLUS VOISINES.

Pour compléter ce que j'ai dit, je crois devoir caractériser brièvement les espèces connues de *Vampyrella* et les formes qui se relient le plus directement à elles, pour les réunir en famille.

Ce sont le *Monadopsis vampyrelloïdes*, le *Monas amyli*, le *Protomyxa aurantiaca* et peut être le *Myxastrum radians*. A l'exception de cette dernière espèce, toutes présentent les mêmes particularités que les Myxomycètes au point de vue de la forma-

[1] De Bary et Woronin; Beiträge zur Morph. und Phys, der Pilze. Reihe 4, pag. 107-136.

Digitized by Google

tion du plasmode. Ils s'en distinguent surtout par leur vie aquatique; c'est pourquoi je propose de leur donner le nom de *Hydromyxacées*.

Famille des HYDROMYXACÉES.

Organismes parasites à vie aquatique formant des kystes desquels procèdent directement, au moment de la maturité, un ou plusieurs zoospores. Les zoospores dépourvus de noyaux prennent la forme *d'Actinophrys* ou d'Amibes, et se réunissent deux par deux ou davantage lorsqu'ils se rencontrent, pour former des plasmodes. Les zoospores, aussi bien que les plasmodes qui en proviennent, peuvent former de nouveaux kystes après s'être nourris. Il se forme plus tard des kystes durables encore inconnus chez le *Monadopsis* et le *Protomyxa*.

Cette famille comprend les genres suivants : 1° *Vampyrella* Cnk ; 2° *Monadopsis* Klein ; 3° *Monas* Cnk ; 4° *Protomyx* Hæckel.

I. Genre **Vampyrella** Cnk. La caractéristique que je donne de ce genre est tout entière fondée sur mes observations personnelles, qui d'ailleurs confirment celles de mes devanciers en tout ce qu'elles ont d'essentiel.

Kystes à coloration passant de l'orangé pâle au rouge brique sombre, ayant lors de la maturité une ou plusieurs taches foncées. Membrane du kyste bleuissant sous l'action de l'iode et de l'acide sulfurique. Le contenu coloré sort intact ou après s'être divisé en 2-4 corps protoplasmiques nus, rarement plus. Ce sont des zoospores qui se meuvent au moyen de pseudopodes ou d'un bord mobile incolore. *La sortie du contenu se produit en général en autant de points qu'il y aura de zoospores formés dans chaque kyste*. La division a lieu pendant la sortie. La tache sombre demeure dans la membrane vidée du kyste, elle constitue un résidu de la digestion. Lorsque les zoospores s'unissent, les pseudopodes se fusionnent d'abord, puis ensuite le corps des zoospores ; 2 à 4 zoospores peuvent s'unir ensemble. Les *plasmodes* sont petits, à peine plus grands que les gros zoospores, et *ne présentent ni vacuole ni anastomoses*. Les zoospores,

Digitized by Google

aussi bien que les plasmodes, après s'être nourris, se transforment presque immédiatement en kystes. Pour se nourrir, les zoospores et les plasmodes entourent complètement l'algue nourricière, ou bien s'appliquent à sa surface, en dissolvent la membrane cellulaire et en sucent le contenu. Les *zoospores* (et même les plasmodes chez le *V. pendula*) *peuvent passer à l'état de repos sans prendre de nourriture*; pour cela, ils rétractent leurs pseudopodes et se couvrent d'une enveloppe délicate. *Finalement, ils forment des kystes durables*, et (à l'exception du *V. vorax*) sans que le contenu des kystes ordinaires sorte; il se débarrasse seulement de ce qu'il ne digère pas, se contracte et s'entoure d'une nouvelle enveloppe. Le développement ultérieur de ces kystes est encore inconnu jusqu'à présent.

On en connaît sept espèces qu'on peut partager comme l'indique le tableau suivant :

A. Zoospores munis de pseudopodes.	a. Kystes sessiles.	V. Gomphonematis Hæckel V. vorax Cnk. V. Spirogyræ Cnk. V. variabilis Klein.
	b. Kystes pédicelles.	V. pendula Cnk. V. inermis Klein.
B. Zoospores sans pseudopodes, se mouvant au moyen d'une marge hyaline.		V. pedata Klein.

—1. *V. Gomphonematis* Hæckel (Biol. Stud. I, pag. 163 et Pl. VI, *fig.* 1-4). *Kystes sphériques ;* diamètre 60 à 70 μ ; membrane du kyste transparente, amorphe, à doubles contours fortement indiqués, dont l'épaisseur atteint le dixième du diamètre du kyste ; *ne bleuit pas par l'iode et l'acide sulfurique.* Contenu du kyste rouge brique brillant, quelquefois plutôt orangé, très finement granuleux. Il se divise en quatre parties disposées aux quatre angles d'un tétraèdre, qui sortent plus tard et deviennent autant de zoospores à forme d'Actinophrys. — *Zoospores* à pseudopodes nombreux, fins, aigus, dans lesquels on voit des granules en mouvement. En progressant sur des objets solides, ils *prennent des formes irrégulières toujours changeantes.* Copulation des

Digitized by Google

zoospores inconnue. — Pour se nourrir, les zoospores entourent les cellules de *Gomphonema*, et après avoir absorbé le contenu d'une ou plusieurs de ces Diatomées, s'enkystent immédiatement. Kystes durables inconnus.

A été observé par Hæckel en 1869 près de Bergen, en Norvège, sur une Bacillariée marine qu'il a nommée *Gomphonema devastatum*. Les kystes avaient pris la place qu'occupaient primitivement les cellules de la Diatomée, au sommet de ses pédicelles.

— 2. *V. vorax* Cnk. (Voy. ci-dessus ; et Lüders, Bot. Zeit., 1860, pag. 377.)

Kystes différents de forme et de grosseur comme la nourriture qu'ils englobent; diamètre 32 à 100 μ. *Membrane du kyste simple et très mince, bleuissant nettement par l'iode et l'acide sulfurique.* — Contenu rouge-jaune sale, finement ponctué ; celui des kystes les plus petits sort sans se diviser ; presque toujours il se forme 2 à 6 zoospores qui sortent en même temps par autant de points qu'il y a de zoospores formés. — *Zoospores* de diverses grosseurs, de 16 à 20 μ, rarement sphériques, *très irréguliers pendant le mouvement, à formes très mobiles.* — Pseudopodes fins, aigus, peu nombreux et très inégalement répandus, sans mouvement intérieur. — Zoospores s'unissant deux par deux ou davantage, formant des plasmodes très irréguliers, lobés et allongés, à très nombreuses petites vacuoles qui leur donnent l'aspect écumeux ; les plasmodes se divisent communément en deux ou trois parties qui peuvent ensuite se réunir de nouveau. — Pour se nourrir, *les zoospores ou les plasmodes entourent des Diatomées* (*Synedra*) et les entraînent souvent pendant quelque temps ; *puis il se forme autour du zoospore ou du plasmode une délicate membrane ; c'est à l'intérieur du kyste ainsi formé que s'accomplit la digestion.* — *Kystes durables* formés ultérieurement ; *ne renferment pas de Diatomées*, formés par des zoospores ou des plasmodes qui ne se sont pas nourris ; pour cela, ils s'arrondissent, forment une très légère enveloppe ; *le contenu en devient sphérique, se contracte et s'entoure d'une nouvelle enveloppe, épaisse, à double contour. Le contenu subit une troisième contraction et se recouvre d'une*

Digitized by Google

troisième membrane épaisse encore et à double contour. L'enveloppe extérieure disparaît plus tard complètement, la deuxième présente souvent à sa surface quelques proéminences irrégulières, la troisième est directement appliquée sur le contenu, qui est rouge brun et divisé en granules épais, d'aspect huileux.

Forme les kystes de Diatomées connus depuis longtemps. Je l'ai trouvé au Jardin botanique de Buda-Pesth, sur une petite *Synedra* qui vivait en groupes sur des tubes de *Vaucheria*. Cienkowski l'a aussi observée sur différentes Diatomées, sur des Euglènes et des Desmidiées. Elle ressemble beaucoup à l'espèce précédente, mais s'en distingue nettement, notamment par son habitat, qui est toujours l'eau douce.

—3. *V. Spirogyræ* Cnk (*loc. cit.*, pag. 218 et *fig.* 44-56).—Kystes sphériques ou sphéroïdaux, plus rarement irréguliers, ayant environ 60 μ dans le sens transversal. *Membrane bleuissant par l'iode et l'acide sulfurique*, et *enveloppée en outre*, dans la jeunesse, *d'une membrane délicate : le voile*; le contenu, rouge brique, irrégulièrement chargé de grosses granulations vers le milieu, se divise en deux et quatre parties qui sortent en différents points pour constituer les zoospores. — Zoospores ou bien sphériques ou bien irrégulièrement allongés pendant la période de mouvement. *Pseudopodes nombreux, effilés*; *les zoospores ont aussi de temps en temps*, lorsqu'ils sont arrondis, *des prolongements hyalins, obtus*; les deux espèces de pseudopodes sont animées de mouvements intérieurs. — Copulation des zoospores inconnue.

Pour se nourrir, les zoospores ne rétractent pas leurs pseudopodes, s'appliquent en un point quelconque de la plante nutritive (*Spirogyra*), en percent la membrane, absorbent le contenu de ses cellules, et ne passent généralement à l'état de kystes qu'après avoir vidé plusieurs cellules.

Les *kystes durables* succèdent directement aux kystes ordinaires; pour cela, *le contenu* rejette le résidu de la digestion et *s'entoure d'une nouvelle membrane papilleuse.*

Vit sur les *Spirogyra*, sur lesquels il forme les kystes rouges connus déjà depuis longtemps.

Digitized by Google

—4. *V. variabilis* Klein (Voy. ci-dessus). *Kystes très différents de forme et de grandeur* ; sphériques, ellipsoïdes, ovoïdes irréguliers, ou présentant d'autres formes irrégulières et lobées ; diamètre des kystes sphériques 16-28 μ, des kystes allongés 32-60 μ, et exceptionnellement jusqu'à 92 μ. *Membrane du kyste simple, tendre, bleuissant par l'iode et l'acide sulfurique.* Contenu du kyste rouge ou rouge-orangé, finement ponctué, avec une ou plusieurs taches sombres, suivant la forme du kyste. — Le contenu des petits kystes sort sans se diviser ; ordinairement, *le contenu se divise en 2-4, exceptionnellement en dix parties, qui sortent en même temps par autant de points qu'il y a de parties.* La division et la séparation des résidus de la digestion ont lieu pendant la sortie. — *Zoospores petits*, 12 μ environ, rarement arrondis, presque toujours oblongs, plus ou moins irrégulièrement lobés, *changeant de forme pendant le mouvement.* Pseudopodes fins, effilés, pas très nombreux et inégalement distribués, sans mouvement de granulations à leur intérieur. — Copulation des zoospores deux par deux ou davantage, formant des *plasmodes* de 68 μ *de grandeur, irrégulièrement lobés, anguleux.* — Mode de nutrition comme dans l'espèce précédente. — *Kystes durables*, comme ceux de l'espèce précédente, *à membrane interne ornée de très petites verrues* ; diamètre : 12-28 μ.

Trouvé par moi sur diverses algues indéterminables aux environs de Buda-Pesth.

—5. *V. pendula* Cnk (*loc. cit.*, pag. 221, et ci-dessus). *Kystes sphériques, fixés aux plantes nourricières par un pédicelle hyalin.* Kyste et pédicelle enveloppés tous d'eux d'une membrane très délicate ou *voile* persistant, qui donne à l'ensemble la forme d'une poire. Diamètre du kyste 16-36 μ. *Membrane se colorant en bleu par l'iode et l'acide sulfurique.* Contenu rouge brique plus ou moins pâle, finement granuleux, avec une tache sombre en son milieu. — Le contenu des tout petits kystes sort sans se diviser, ailleurs il se divise en 2-4 parties ; *la sortie a lieu simultanément en autant de points qu'il y a de parties formées.* La séparation et l'élimination du résidu de la digestion ont lieu pendant la sortie.

Digitized by Google

— *Zoospores toujours sphériques*, de 12-24 μ, à surface entièrement recouverte de *pseudopodes nombreux, également répartis, effilés*. — Copulation des zoospores par 2 ou par 4, déterminant la formation de plasmodes sphériques ou tout au plus ovoïdes, d'un diamètre de 48 μ au maximum ; ils se meuvent au moyen de pseudopodes identiques à ceux des zoospores. — Les *zoospores, comme les plasmodes, peuvent s'enkyster* d'une façon durable *sans s'être aucunement nourris*. — Mode de nutrition identique à celui des espèces précédentes ; mais ici *les pseudopodes sont rétractés*. — Kystes durables comme ceux de l'espèce précédente, avec cette différence qu'ici la membrane externe du kyste se recouvre de pointes qui s'avancent jusqu'au voile.

Trouvé pour la première fois par Cienkowski, observé ensuite par moi. Vit sur les *Œdogonium*, et, d'après les observations de Cienkowski, sur les *Bulbochæte* et sur d'autres Conferves.

— 6. *V. inermis* Klein (Voy. ci-dessus). Très voisine de l'espèce précédente par la plupart de ses caractères ; elle s'en distingue par les suivants : le contenu des kystes sort toujours (?) sans se diviser ; zoospores présentant, en outre, de nombreux pseudopodes fins ; d'autres pseudopodes moins nombreux, gros, en massue, lobés, changeant de formes. — Le plasmode forme, du côté vers lequel s'effectue son mouvement, des prolongements variables de forme et de grandeur, entourés d'une bordure hyaline étroite, qui circonscrit le contenu rouge. Le reste de la surface du plasmode est couvert de fins pseudopodes. — *Membrane interne des kystes durables dépourvue de pointes*.

Observée par moi sur des *Œdogonium* à Zurich.

— 7. *V. pedata* Klein (Voy. ci-dessus). *Kystes* sphériques, hémisphériques, ellipsoïdes ou ovoïdes irréguliers, fixés dans les cellules des plantes nourricières *par un ou deux gros prolongements* (pieds). *Membrane* simple, délicate, *bleuissant par l'iode et l'acide sulfurique*, hauteur des kystes 28-32 μ, larg. 44-52 μ. Contenu rouge brique sombre (quelquefois rouge viande sale ou brun jaunâtre) à grosses granulations, *ayant toujours plusieurs taches* sombres à l'état de maturité. Le contenu des petits kystes

Digitized by Google

s'échappe sans se diviser ; ordinairement il se divise en deux parties : dans ce cas, la séparation est indiquée d'avance par une ligne claire dépourvue de granules ; la sortie s'effectue par deux points opposés. Le résidu de la digestion persiste sous forme de globules colorés en brun. — *Zoospores* irrégulièrement arrondis et *dépourvus de pseudopodes développant*, seulement du côté vers lequel s'effectue le mouvement, *une marge large*, *hyaline*, occupant quelquefois la moitié du bord du zoospore, laissant voir dans son intérieur des courants de divers sens. — Copulation des zoospores incertaine, mais rendue vraisemblable par l'observation de kystes doubles ; zoospores susceptibles de s'enkyster sans s'être nourris. — Mode de nutrition comme dans les quatre espèces précédentes ; un zoospore peut pourtant absorber à la fois le contenu de plusieurs cellules contiguës, pour s'enkyster ensuite. Kystes durables inconnus.

Vit sur divers *Œdogonium*.

Devra peut-être un jour être séparé des *Vampyrella*, pour être considéré comme le représentant d'un genre nouveau, lorsqu'on en connaîtra les kystes durables.

II. Genre **Monadopsis** Klein (Voy. ci-dessus).

Renferme une seule espèce :

M. vampyrelloïdes Klein. Kystes petits, presque toujours sphériques ou ellipsoïdes, à contenu rouge pâle, finement ponctué, dans lequel on voit encore des granulations obscures. Membrane colorée en bleu par l'iode et l'acide sulfurique ; le contenu se divise en deux ou trois parties qui quittent le kyste en même temps. La division n'a lieu que lorsque l'émission est commencée. — Zoospores très petits, rouge pâle, ponctués, irrégulièrement angulaires, amiboïdes, munis de quelques pseudopodes courts, effilés. Copulation des zoospores vraisemblable, se produisant sans doute pendant la nutrition. — Les zoospores, pour absorber leur nourriture, englobent les cellules d'algues unicellulaires et forment autour d'elles un nouveau kyste, soit qu'il n'y ait qu'un seul zoospore, soit que deux ou quatre se réunissent à ce mo-

Digitized by Google

ment pour former un kyste commun. Dans la membrane vidée du kyste, on trouve des granules foncés entourés d'une légère enveloppe : ce sont les résidus de la digestion. — Kyste durable inconnu.

Observé par moi en même temps que les *Vampyrella*, autour de colonies de *Tetraspora*.

III. Genre **Monas** Cnk (**Protomonas**) Hæckel.

(Cienkowski; *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, tom. III, pag. 427 et pl. XIX, *fig.* 7-17.— *Arch. f. mikr. Anatom.*, tom. I, pag. 213, *fig* 1-5. — Hæckel, *Biol. Stud.*, I, pag. 71.)

Ce genre ne contient non plus qu'une seule espèce.

M. amyli Cnk. (*Protomonas amyli* (Hæckel). Kystes sphériques, à membrane simple et délicate à contenu incolore, dont la division produit de nombreux zoospores. — Au début, les zoospores sont oblongs, fusiformes, munis de deux cils qui leur impriment des mouvements analogues à ceux des anguillules; plus tard ils prennent la forme d'Amibes ou d'Actinophrys, se couvrent d'un grand nombre de pseudopodes fins, aigus, et sont animés de mouvements lents pendant lesquels ils changent de forme. La fusion de plusieurs zoospores amiboïdes forme un petit plasmode. Pour se nourrir, les zoospores ou les plasmodes entourent les grains d'amidon et forment un nouveau kyste. Fréquemment, plusieurs zoospores entourent le même grain d'amidon et se fondent ensemble. — Les kystes durables se forment aux dépens des kystes ordinaires en rejetant le résidu de leur digestion, et se recouvrent d'une nouvelle membrane ; à la face interne de la membrane primitive se forment des verrues en forme de coin, qui s'avancent vers l'intérieur.

IV. Genre **Protomyxa** Hæckel (*Biolog. Stud.*, tom. I, pag. 10-29 et 71, pl. I, *fig.* 1-12).

Ce genre n'a encore qu'une seule espèce.

P. aurantiaca Hæckel. Kystes sphériques, diamètre 120-200 μ; membrane du kyste assez épaisse, amorphe, vitreuse et inco-

Digitized by Google

lore : n'est pas colorée en bleu par l'iode et l'acide sulfurique. Le contenu rouge orangé, finement granuleux, se divise, lors de la maturité, en un grand nombre de parties arrondies, d'un diamètre de 17 μ ; la membrane du kyste crève, et tous ces corps protoplasmiques sortent pour former les zoospores. Zoospores en forme de poire au début, munis d'un cil fin à leur extrémité effilée, à mouvements lents. Les zoospores deviennent plus tard amiboïdes et changent continuellement de forme pendant leurs mouvements. Les zoospores amiboïdes se fusionnent entre eux et constituent des plasmodes qui atteignent 0,5 à 1^{mm}, vacuolaires, avec de longs pseudopodes qui s'anastomosent entre eux. Les Diatomées et les autres organismes qui leur servent de nourriture sont, pendant la période de nutrition, englobées par les zoospores ou les plasmodes ; le contenu en est sucé et les enveloppes sont rejetées.

La masse protoplasmique prend alors une forme sphérique, sécrète une membrane et forme un nouveau kyste. — Kystes durables inconnus.

Espèce maritime ; observée par Hæckel en 1867 aux îles Canaries. Elle se nourrit surtout du contenu de différentes Diatomées et d'Infusoires.

Il n'est pas possible de dire aujourd'hui si d'autres organismes que ceux-ci doivent être rangés dans la famille des Hydromyxacées ni quels pourraient être ces organismes. Il y a parmi les êtres les plus inférieurs une foule de formes qui sont encore inconnues ou dont la connaissance est fort incomplète, de telle sorte qu'il n'est possible de rien dire de précis sur leur classification. Il y a là encore un vaste champ ouvert aux recherches ultérieures.

(Mai 1882.)

Digitized by Google

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Fig.

1-14 *Vampyrella variabilis* Klein.

1-5 Kystes de différentes formes.

6 Kyste quadrilobé dont le contenu commence à sortir par dix points à la fois.

7-9 Le même kyste ; états successifs. — 7. Le contenu commence à sortir sous forme de quatre prolongements disposés en croix.— 8. le contenu se divise en quatre parties et rejette le résidu de la digestion — 9. Le contenu est complètement sorti ; le résidu de la digestion demeure dans la membrane vidée du kyste.

12 Différentes formes de zoospores.

11 Zoospore muni seulement de deux longs pseudopodes.

12 Un plasmode formé de deux zoospores unis par un filet protoplasmique étroit.

13 Kyste oblong irrégulier, dont le contenu sort pour former deux grands zoospores qui vont se réunir de nouveau immédiatement après leur sortie.

14 Kystes durables.

15-19 *Vampyrella vorax* Cnk.

15 Kyste entourant un groupe de Diatomées.

16 Kyste dont le contenu s'échappe en deux parties.

17 Zoospore sphérique.

18 Copulation des zoospores au début.

19 Kyste durable.

20-26 *Vampyrella pendula* Cnk.

20 Kyste mûr.

21-22 Le même kyste pendant la sortie de son contenu.

23-24 Copulation de deux zoospores ; états successifs.

25 État de repos d'un zoospore.

26 Kyste durable.

27-31 *Vampyrella inermis* Klein.

27 Zoospores en mouvement avec les deux sortes de zoospores.

28. Commencement de la sortie d'un zoospore d'un seul côté du kyste.

29 Commencement de la copulation de deux zoospores. L'un d'eux est encore engagé dans le kyste.

30 Plasmode formé de la fusion de plusieurs zoospores, animé d'un mouvement rapide vers la droite.

Digitized by Google

Fig.

31 Kyste appartenant très probablement au cycle d'évolution de cette sepèce.

32-38 *Vampyrella pedata* Klein.

32 Kyste mûr pourvu de deux pieds.

33 Kyste au moment où la sortie des deux zoospores commence à s'indiquer.

34-35 Le même kyste pendant la sortie des zoospores ; en 35, les résidus de la digestion sont rejetés par le protoplasma et demeurent dans la membrane du kyste.

36 Un zoospore, animé d'un mouvement vers la droite et pourvu de ce côté d'une marge incolore.

37 Zoospore muni de prolongements courts et obtus.

38 Kyste complètement vide, ne renfermant plus que les résidus de la digestion.

39-44 *Monadopsis vampyrelloïdes* Klein.

39 Kyste mûr.

40 Sortie des zoospores par trois points à la fois.

41 Zoospores en mouvements.

42 Zoospore commençant à entourer une cellule d'algue verte.

43 Jeunes kystes à différents états de développement, renfermant des grains verts, de diverses dimensions et en nombre différent.

44 Kyste vide ne renfermant plus que le résidu de la digestion entouré d'une enveloppe jaune-brun pâle.

Digitized by Google

EXCURSIONS BOTANIQUES EN ESPAGNE

Par G. ROUY

ORIHUELA, MURCIA, VELEZ-RUBIO, HELLIN, MADRID, IRUN.

(Mai 1881 — Juin 1882.)

Dans le *Bulletin de la Société Botanique de France* (XXVIII, pag. 153; XXIX, pag. 40), j'ai déjà publié le compte rendu d'excursions faites autour de JATIVA, à VALLDIGNA et à la SIERRA MARIOLA, en mai 1879 et juin 1880.

En 1881 et 1882, j'ai plus particulièrement consacré le temps dont je pouvais disposer, en Espagne, à étudier la végétation des environs de *Murcia*, d'*Orihuela*, d'*Hellin*, et à me rendre de *Murcia* à *Velez-Rubio*, dans le but d'explorer la *sierra de Maimon*, voisine de la *sierra de Maria*, mais dont le nom ne paraît pas figurer dans les différents ouvrages publiés sur la flore espagnole.

C'est le compte rendu de ces diverses herborisations que je vais donner, en le faisant suivre de l'indication de localités nouvelles pour un grand nombre de plantes et d'observations sur certaines espèces ou variétés inédites, rares ou litigieuses.

M. A. Guillon, d'Angoulême, le zélé botaniste auquel M. Cosson a dédié le genre *Guillonea*, jusqu'ici particulier à l'Espagne, m'a accompagné en 1882. Son aménité bien connue a rendu le voyage des plus agréables, et, grâce à la parfaite entente qui n'a jamais cessé de régner entre nous, nous avons pu éviter ce fléau du naturaliste à l'étranger : l'ennui.

Je ne traiterai ici, bien entendu, que la partie botanique de ces excursions. En effet, dans un travail de ce genre, qui doit surtout être substantiel au point de vue scientifique, tout en restant concis, il ne m'appartient pas d'entrer dans les développements historiques ou descriptifs que nécessiteraient les très intéressants

Digitized by Google

monuments et les magnifiques panoramas répandus dans cette région du sud de l'Espagne, si curieuse, et cependant encore relativement bien peu fréquentée par les savants et les artistes. D'autre part, au point de vue purement matériel, les renseignements utiles que peut désirer le voyageur sont fournis en abondance dans les *Guides* ou *Itinéraires*, sans lesquels actuellement peu de touristes ou excursionnistes se mettent en route [1].

1° — COMPTES RENDUS D'HERBORISATIONS

I. — CENTRE D'EXCURSIONS : ORIHUELA.

Ville de 21,000 habitants, à 26 kilom. de Murcie, chef de district de la province d'Alicante, dont elle est éloignée de 50 kilom., *Orihuela* est située au pied d'une sierra qui porte son nom et domine une vaste plaine (*la huerta*) très fertile, traversée par le *Segura*.

Les excursions les plus intéressantes que l'on peut faire d'Orihuela sont :

1° Rocher et col de *San Miguel*.

---

[1] Voici la définition, indispensable pour l'intelligence du texte, des quelques mots espagnols forcément employés dans le cours de ces comptes rendus d'herborisations :

Sierra : chaîne de montagnes.

Serrata : chaîne peu élevée, à sommets peu distants.

Cerro : montagne isolée ; ce mot s'applique aussi aux différents pics qui forment une chaîne. Les mots *pico, picacho*, sont pris dans le même sens, mais ils se rapportent généralement aux pics des montagnes d'altitude plus considérable que celles composées de *cerros* ; le terme *cabezo* est plus particulièrement attribué à un pic très-élevé qui domine de beaucoup les autres hauteurs (*altos*) de la chaîne.

Puerto : col, port, passage entre deux montagnes.

Rio : fleuve, rivière, ruisseau devenant torrent.

Barranco : ravin, petit torrent souvent à sec.

Rambla : tranchée naturelle, souvent assez large, s'étendant entre deux montagnes ou deux chaînes et présentant ordinairement l'aspect du lit desséché d'un fleuve ou d'une rivière, quelquefois même d'un torrent.

Fondas : hôtels d'une certaine importance. — *Posadas* : hôtels de petite ville ; bonnes auberges. — *Ventas* : auberges médiocres, souvent bicoques, isolées çà et là sur les routes.

Digitized by Google

2° *Sierra de Callosa.*

3° *Cerro de Urchillo.*

4° Plaine entre la ville et la gare et salines de *Beniel.*

1° *Rocher et col de San Miguel.*

On doit, dès que l'on est sorti de la ville, suivre le sentier assez escarpé qui conduit à l'important séminaire *conciliar* de *San Miguel.* Le long de ce chemin et sur les rochers avoisinants, on peut récolter :

Sisymbrium Irio L., Koniga maritima R. Br. et var. rubescens, Fumana lævipes Spach, Frankenia pulverulenta L., Reseda lutea L. var. maritima Müll., Polygala rupestris Pourr., Linum strictum L., Malva Nicæensis All., M. microcarpa Desf., Erodium Chium Willd. var. Murcicum (E. Murcicum Willd.), Psoralea bituminosa L., Paronychia argentea Lam., P. capitata Lam., Mesembryanthemum nodiflorum L., Anacyclus Valentinus L., Phagnalon saxatile Cass., Kentrophyllum lanatum DC., Atractylis cancellata L., Centaurea Melitensis L. var. Apula (C. Apula Lam.), Campanula Erinus L., Hyoscyamus albus L., Lavandula multifida L., Teucrium pseudochamœpytis L., Plantago Lagopus L., P. albicans L. var. latifolia Willk. et Lge, Camphorosma Monspeliaca L., Emex spinosus Campb., Rumex bucephalophorus L. var. Græcus Steinh., Asphodelus fistulosus L., A. tenuifolius Cav., Asparagus albus L., Andropogon hirtum L. var. longearistatum Willk. (A. pubescens Vis.), Stipa tortilis Desf., Lamarckia aurea Mœnch.

La plupart de ces plantes se retrouvent du reste en abondance sur toute la sierra d'Orihuela.

L'exploration des rocailles, champs et vignes situés au-dessus du *Collegio* et sur le versant oriental du cerro, face à la *Muela* et à la *sierra de Callosa*, permet de recueillir les espèces suivantes, dont quelques-unes sont précieuses, entre autres les *Centaurea saxicola* Lag. et *Sideritis glauca* Cav., qui n'existent que là et sur la sierra de Callosa :

Brassica Cossoniana Boiss. et Reut., Fumana glutinosa Boiss., Helianthemum racemosum Dun. var. farinosum Dun., Dianthus Broteri Boiss. et Reut. var. macrophyllus Willk. (D. Valentinus Willk. olim), Lavatera maritima Gouan, Ruta angustifolia Pers., Rhamnus lycioides L.,

Digitized by Google

Ononis minutissima L. var. calycina Willk. (O. barbata Cav.), Herniaria polygonoides Cav., Ptychotis ammoides Koch, Galium setaceum Lam., Asperula aristata L. f. var. macrosiphon Willk. et Lge, Scabiosa Monspeliensis Jacq., Phagnalon saxatile Cass. var. intermedium DC. (Conyza intermedia Lag., P. Lagascæ Cass.), Picnomon Acarna Cass., Centaurea saxicola Lag., Convolvulus althæoides L. var. nanus Choisy, Cuscuta Epithymum L. var. macranthera Engelm., Orobanche loricata Reichb., Teucrium capitatum L. var. genuinum et var. gracillimum Rouy, Sideritis glauca Cav., Satureia cuneifolia Ten. var. canescens, Thymus Barrelieri Rouy var. intermedius, Plantago ovata Forsk., Caroxylon tamariscifolium Moq., Mercurialis annua L. var. Huetii J. Müll. (M. Huetii Hanry), Stipa parviflora Desf.

Prenant ensuite à gauche pour descendre sur la ville, en faisant le tour du cerro et passant par le col de San Miguel, on peut encore rencontrer, en plus de certaines des espèces précédentes :

Scabiosa maritima L. var. grandiflora Boiss. (S. grandiflora Scop., S. Cupani Guss.), Carduus Valentinus Boiss. et Reut., C. pycnocephalus L., Kentrophyllum arborescens Hook. (Durandoa Clausonis Pomel), Periploca lævigata Ait, Echium pustulatum Sibth. et Sm., Lafuenta rotundifolia Lag. (Durieua spicata Mérat), Teucrium buxifolium Schreb., Sideritis Romana L., Plantago Bellardi All.

2° *Sierra de Callosa.*

La sierra de *Callosa*, dominant le village de ce nom, à 6 kilom. d'Orihuela, est une montagne d'environ 800 mètres d'altitude. Quoique plus élevée que le cerro de *San Miguel*, elle présente un peu moins d'espèces que ce dernier, par suite de son extrême aridité ; elle offre cependant les plantes suivantes :

Nigella Damascena L., Brassica Cossoniana Boiss. et Reut., Carrichtera Vellæ DC., Fumana lævipes Spach, Reseda Phyteuma L. var. integrifolia Texid., R. Gayana Boiss. var. brevipes Rouy (R. leucantha Hegelm.), Frankenia pulverulenta L., Silene glauca Pourr., Dianthus Broteri B. et R. var. macrophyllus Willk., Lavatera maritima Gouan, Fagonia Cretica L., Ruta montana Clus., Rhamnus lycioides L., R. oleoides L., Psoralea bituminosa L., Herniaria polygonoides Cav. var. diffusa Rouy (H. paniculata Webb), Rubia peregrina L. var. angusti-

Digitized by Google

folia G. et G. (R. angustifolia L., R. longifolia Poir.), Galium setaceum Lam., Scabiosa Monspeliensis Jacq., Phagnalon saxatile Cass., Carduus Reuterianus Boiss. var. pycnocephaloides Lge, Centaurea saxicola Lag., Kentrophyllum arborescens Hook., Microrhynchus nudicaulis Less. var. divaricatus DC., Vincetoxicum officinale Mœnch, Withania frutescens Pauq., Teucrium capitatum L. var. genuinum et s-var. procumbens, Sideritis glauca Cav., S. Romana L., Statice echioides L., Stipa tortilis Desf., Lygeum spartum Lœfl.

La route de Murcie à Alicante traverse, entre Callosa et Orihuela, des champs de céréales et d'oliviers et des cultures de palmiers où végètent les :

Moricandia arvensis DC., Lepidium Draba L., L. graminifolium L., Lavatera triloba L., Peganum Harmala L., Senecio linifolius L., Anacyclus clavatus Pers., Achillea santolinoides Lag., Onopordon Illyricum L., Galactites tomentosa Mœnch, Picnomon Acarna Cass., Centaurea Melitensis L., C. Seridis L. var. maritima Willk. (C. maritima Duf.), C. aspera L., C. Nicæensis All. (C. furcata Desf.), Kentrophyllum lanatum DC., Echinops strigosus L., Scolymus Hispanicus L., Xanthium spinosum L., Convolvulus althæoides L., Marrubium Alysson L., Bromus rubens L.

Çà et là, dans quelques bas-fonds plus ou moins humides :

Ononis procurrens Wallr., *Silybum Marianum* Gærnt., *Statice delicatula* Gir. et var. *Tournefortii* Bois., *Phalaris paradoxa* L., *Imperata cylindrica* P. B.

3° *Cerro de Urchillo.*

D'Orihuela au pied du cerro de *Urchillo*, non loin du village de ce nom, situé à 7 kilom. de la ville, on rencontre :

Polygala Monspeliaca L., Lotus siliquosus L., Vicia gracilis Lois., Scorpiurus subvillosa L., Acacia Farnesiana Willd., Lythrum acutangulum Lag., Sium latifolium L., S. angustifolium L., Achillea Ageratum L., A. santolinoides Lag., Asteriscus spinosus G. et G., Centaurea pullata L., C. Nicæensis All., C. aspera L., C. Seridis L. var. maritima Willk., Samolus Valerandi L., Stachys hirta L., Marrubium Alysson L., Ballota hirsuta Benth., Lippia nodiflora Spreng., Euphorbia pubescens Desf., Asparagus acutifolius L., Polypogon Monspeliense Desf.,

Digitized by Google

Piptatherum miliaceum Coss., Trisetum neglectum R. et Sch., Hordeum maritimum With.

Dans les rocailles du cerro, et principalement dans les éboulis et rochers de la partie supérieure, croissent un grand nombre de plantes des plus intéressantes :

Moricandia arvensis DC., Diplotaxis Lagascana DC. var. genuina (Pendulina Lagascana Willk.) et var. intricata Rouy (P. intricata Willk.), Koniga maritima R. Br. var. rubescens, Capparis spinosa L., Helianthemum lavandulæfolium DC., H. paniculatum Dun. var. genuinum et var. longifolium Willk., Fumana glutinosa Boiss. var. juniperina Willk. (H. juniperinum Lag.), Viola arborescens L., Reseda Gayana Boiss. var. brevipes Rouy, R. lutea var. maritima Müll., R. Phyteuma L. var. integrifolia Texid., Polygala rupestris Pourr., Malva Hispanica L., Fagonia Cretica L., Ononis tridentata L. var. angustifolia Lge, O. Hispanica L. f., Anthyllis genistoides Duf., Dorycnium suffruticosum Vill., Coronilla juncea L., Poterium Magnolii Spach, Sedum Clusianum Guss., Galium setaceum Lam., Asperula aristata L. f. var. brachysiphon Willk. et Lge, Scabiosa Monspeliensis Jacq. var. subacaulis Rouy, S. maritima L. var. grandiflora Boiss., Senecio linifolius L., Cupularia viscosa G. et G., Helichrysum decumbens Poir., Phagnalon saxatile Cass. var. intermedium DC., Notobasis Syriaca Cass., Kentrophyllum arborescens Hook., Centaurea Lagascæ Nym. (C. incana Lag. non Ten.), Microlonchus Clusii Spach, Microrhynchus nudicaulis Less. var. divaricatus DC., Zollikoferia pumila DC., Sonchus tenerrimus L., Scorzonera graminifolia L. var minor Willk. et Lge (S. pinifolia Gouan), Picridium Tingitanum Desf. var. subacaule Willk., Catananche cœrulea L., Campanula dichotoma L., Coris Monspeliensis L., Erythræa Barrelieri Duf., Convolvulus althæoides L., C. lanuginosus Desr. var. sericeus Boiss. (C. linearis DC.), Cuscuta Epithymum L. var. vulgaris Engelm., C. planiflora Ten. var. Tenorei Engelm., Chœnorrhinum crassifolium Lge, Orobanche barbata Poir., Phelipæa Muteli F. Schultz, Thymus membranaceus Boiss. et Reut., Satureia cuneifolia Ten. var. canescens, Sideritis leucantha Cav. var. serratifolia Willk., var. paucidentata Willk. et var. integrifolia Coss. (S. Bourgæana Boiss. et Reut.), Teucrium pseudochamœpytis L., T. buxifolium Schreb., T. pumilum L., T. capitatum L. var. gracillimum Rouy s-var. rubriflorum (T. Majorana Pers.), Plantago albicans L. var. angustifolia Willk., Daphne Gnidium L., Thesium divaricatum Jan, Mercurialis annua L. var. Huetii J. Mull. (M. Huetii Hanry), Chamœrops humilis L., Asphodelus fistulosus L., Asparagus albus

Digitized by Google

L., Avena barbata Brot. var. media Rouy, A. bromoides Gouan var. genuina et var. filifolia Rouy, Melica minuta L. var. saxatilis Coss., Dactylis glomerata L. var. lobata Rouy et var. juncinella Boiss.

4° *Plaine entre la ville et la gare; Terrains salés près Beniel.*

La gare du chemin de fer de Murcie à Carthagène, à laquelle on a cru devoir donner le nom de station d'Orihuela, quoiqu'elle se trouve à plus de 13 kilom. de cette ville et qu'aucune route digne de ce nom, aucun service de diligence, ne réunisse les deux points, cette gare est située au pied d'un coteau sur lequel végètent quelques plantes à mentionner:

Helianthemum racemosum Dun. var. farinosum Dun., H. squamatum Pers., H. paniculatum Dun., Reseda Gayana Boiss. var. brevipes, Elæoselinum Lagascæ Boiss., Artemisia Hispanica Lam., A. glutinosa J. Gay, Lavandula multifida L., Thymus membranaceus Boiss. et Reut., Teucrium Carthaginense Lge.

Dans les sables de la gare, on peut prendre:

Zygophyllum Fabago L., Peganum Harmala L., Kentrophyllum arborescens Hook., Verbascum sinuatum L., Lygeum spartum L.

Dans les dunes et sur les monticules qui s'étendent entre la gare et la ville, se rencontrent la plupart des plantes signalées entre Orihuela et Urchillo, et vers Callosa; de plus, dans les landes salées voisines de *Beniel*, croissent:

Frankenia Reuteri Boiss., Linum maritimum L., Mesembryanthemum nodiflorum L., Aizoon Hispanicum L., Statice cœsia Gir., Statice delicatula Gir., Atriplex glauca L., Suæda pruinosa Lge, Salsola vermiculata L. var. villosa Moq. (S. villosa DC.), Halogeton articulatus Bge. Salicornia macrostachya Moric., Juncus maritimus Lam., Imperata cylindrica P. B.

II. — CENTRE D'EXCURSIONS: **MURCIA.**

Le botaniste de passage à Murcie, capitale de la province de ce nom, doit tout au moins faire deux herborisations: l'une à *Monte-Agudo*, au nord-est de Murcie, et l'autre sur la *sierra de*

Digitized by Google

Fuensanta, au sud de la ville. Ces deux courses, d'ailleurs, jointes à celles exécutées autour d'Orihuela, donnent un aperçu très suffisant de la végétation des environs de Murcie.

1° *Monte-Agudo.*

Sortant de Murcie par la route d'Alicante, on peut recueillir le long de cette route, dans les champs et les fossés :

Thalictrum glaucum Desf., Ammi majus L. et var. intermedium G. et G., Scandix Pecten-Veneris L., Scabiosa maritima L. var. grandiflora Boiss., Galactites tomentosa Mœnch, Picnomon Acarna Cass., Onopordon Illyricum L., Centaurea pullata L., C. Seridis L. var. maritima Willk., Echinops strigosus L., Pinardia coronaria Less., Piptatherum miliaceum Coss., Ægilops ovata L.

On arrive bientôt (5 kilom.) au petit village de *Monte-Agudo*, pittoresquement situé au pied et sur les flancs d'un coteau peu élevé, mais presque abrupt, au sommet duquel existent les ruines d'un château-fort; j'ajouterai que ledit château est en partie couvert de cultures d'*Opuntia*, ce qui n'en rend point l'ascension plus agréable.

L'exploration du *Monte-Agudo* procure, outre plusieurs plantes ubiquistes dans le sud-est de l'Espagne, quelques espèces intéressantes, telles que : *Centaurea Seridis* L., *Lycium intricatum* Boiss., *Thymus Barrelieri* Rouy var. *ericoides* (T. hyemalis Lge) *Brassica Cossoniana* Boiss. et Reut., *Plantago ovata* Forsk., etc. Voici, au surplus, la liste des plantes que le 4 juin 1882, M. A. Guillon et moi y avons remarquées :

Brassica Cossoniana Boiss. et Reut., Capparis spinosa L., Polygala rupestris Pourr., Velezia rigida L., Alsine procumbens Fenzl, Erodium malacoides L. var. subtrilobum Lge (E. subtrilobum Jord.), Peganum Harmala L., Ononis Hispanica L. f., Mesembryanthemum nodiflorum L., Sedum altissimum Poir., Eryngium campestre L., Rubia peregrina L. var. angustifolia G. et G., Galium saccharatum All., Atractylis cancellata L.. Kentrophyllum arborescens Hook., Carduus Valentinus Boiss. etReut. var. pycnocephaloides Rouy, Centaurea Seridis L., C. aspera L. s-var. subinermis, Andryala Ragusina L., Zollikoferia rese-

Digitized by Google

dæfolia Coss. var. viminea Lge, Withania frutescens Pauq., Lycium intricatum Boiss., Phelipæa cœsia Reut., Teucrium capitatum L. var genuinum et var. gracillimum, Thymus Barrelieri Rouy var. ericoides (T. hyemalis Lge), Plantago ovata Forsk., P. amplexicaulis Cav., Statice Thouini Viv., S. echioides L., Caroxylon tamariscifolium Moq., Camphorosma Monspeliaca L., Salsola longifolia Forsk., Rumex bucephalophorus L. var. Hispanicus Steinh., Asparagus aphyllus L., A. albus L., Stipa tortilis Desf., Melica ciliata L. var. intermedia (M. glauca F. Schultz) et var. elata (M. Magnolii G. et G.), Dactylis glomerata L. var. australis Wilk.

2° *De Murcia à Algezares et au sanctuaire de la Fuen santa.*

Au lieu de suivre le chemin fort poussiéreux qui conduit à la *Fuen santa* (Fontaine sainte), chemin dont les bords n'offrent, en juin, que des plantes desséchées et de peu d'intérêt, ce que nous avons pu constater au retour, il est préférable de tâcher de gagner directement, à travers les cultures, le village d'*Algezares*. Ce trajet n'est pas toujours commode, et, sans même tenir compte des exclamations plus ou moins compréhensibles de braves gens dont on parcourt les propriétés sans cependant causer aucun dommage, l'on est exposé à rencontrer certains obstacles, larges fossés ou haies d'*Opuntia*, qui souvent vous obligent à revenir quelque peu en arrière. Mais ce sont là minces incidents pour le botaniste, et d'ailleurs on peut ainsi recueillir entre Murcia et Algezares plusieurs plantes, dont quelques-unes non à dédaigner :

Ranunculus arvensis L., Erucastrum incanum Koch (Hirschfeldia adpressa Mœnch), Moricandia arvensis DC., Rapistrum rugosum All., Zygophyllum Fabago L., Lythrum acutangulum Lag., Œnanthe peucedanifolia Poll. var. major Rouy, Pinardia coronaria Less., Achillea Ageratum L., A. santolinoides Lag., Onopordon Illyricum L. Centaurea pullata L., C. Melitensis L., C. Nicænsis All., C. Seridis L. var. maritima Willk,, Scolymus Hispanicus L., Echium plantagineum L., Marrubium Alysson L., Ballota hirsuta Benth., Atriplex glauca L., Suæda fruticosa Forsk., Cyperus esculentus L., Lygeum spartum Lœfl., Phalaris paradoxa L.

A Algezares (6 kilom. de Murcie), on doit prendre sur les bords de la route qui va à Beniajan :

Digitized by Google

Reseda lutea L. var. brevipes, Melandrium macrocarpum Willk. Lavatera Cretica L., Malva microcarpa Desf., Polycarpon tetraphyllum L., Anacyclus clavatus Pers., Atractylis humilis L., Teucrium pseudochamœpytis L., Caroxylon tamariscifolium Moq.

Il convient alors de suivre le chemin qui s'élève sur les flancs de la sierra jusqu'au sanctuaire de *Fuen santa*, en ne négligeant pas, bien entendu, de s'écarter quelque peu sur les rochers de droite et de gauche, car lesdits rochers présentent des raretés telles que *Galium Murcicum* Boiss. et Reut., *Umbilicus Gaditanus* Boiss., *Erucastrum Bæticum* Lge, etc. En opérant ainsi, l'on s'expose à employer deux heures pour faire un trajet demandant environ une demi-heure, mais aussi cela permet d'entasser dans la boîte ou dans le cartable nombre de plantes peu communes :

Clematis Flammula L., Erucastrum Bæticum Lge (Corynolobus Bæticus R. Rœm.), Carrichtera Vellæ DC., Helianthemum marifolium DC. var. cinerascens Willk., Viola arborescens L., Reseda Gayana Boiss., Ononis Hispanica L. f., O. Sicula L., Coronilla minima L. var. australis G. et G. (C. Clusii Duf.), Herniaria polygonoïdes Cav. var. intermedia Rouy, Umbilicus Gaditanus Boiss., Thapsia villosa L., Eryngium campestre L., E. ilicifolium Lam., Galium Murcicum Boiss. et Reut., G. setaceum Lam., Asperula aristata L. f. var. macrosiphon Willk. et Lge, Callipeltis cucullaria DC., Vaillantia hispida L., Filago spathulata Presl var. prostrata Willk. et Lge, F. micropodioides Lge, Micropus bombycinus Lag., Kentrophyllum arborescens Hook., Erythræa latifolia Sm. var. tenuiflora (E. tenuiflora Hoffg. et Link) et var. pseudolinarifolia Rouy, Linaria lanigera Desf., Digitalis obscura L., Trixago Apula Stev. var. lutea Willk. et Lge (Rhinanthus Trixago L.), Teucrium aureum Schreb. var. latifolium Willk. et Lge et s-var. canescens (T. gnaphalodes G. et G. non Vahl)., Lavandula multifida L., Satureia cuneifolia Ten. var. canescens, Statice echioides L., Uropetalum serotinum Gaw., Asparagus albus L., Andropogon hirtum L. var. longearistatum Willk. (A. pubescens Vis.), Stipa parviflora Desf., Avena barbata Brot. var. triflora Willk., Cheilanthes odora Sw.

Après s'être reposé quelques instants sous les arbres qui entourent la magnifique *Fuen santa*, on doit explorer les grands rochers qui la dominent, et, tant après leurs parois que parmi les rocailles de leur base, on récolte :

Digitized by Google

Delphinium peregrinum L., Moricandia arvensis DC., Reseda lutea L. var. brevipes, Spergularia campestris Willk., Elæoselinum Lagascæ Boiss., Cynoglossum pictum Desf., Chænorrhinum crassifolium Lge var. intermedium Rouy, Lafuentea rotundifolia Lag., Phelipæa lavandulacea F. Schultz, Statice delicatula Gir., Melica minuta L. var. vulgaris Coss. — Retour à Murcie.

III. — DE MURCIA A VELEZ-RUBIO.

Distance, aller et retour : 216 kilom. C'est une absence d'environ huit jours, étant donné qu'il faut au moins consacrer deux journées bien employées à l'exploration des environs immédiats de *Velez-Rubio* et particulièrement de la haute *sierra de Maimon*, en négligeant même la *sierra de Maria*, dont la flore est actuellement bien connue, grâce aux recherches de Clemente, Webb, M. Willkomm, Bourgeau, Rossmaessler, etc. D'autre part, la pensée de nous voir cahotés six jours sur huit en patache espagnole (*vulgo* « tartana »), le long d'une route forcément difficile dans certains passages, et presque totalement dépourvue d'ombre, n'a rien de bien tentant, la *tartana*, sorte de voiture à deux roues et non suspendue, ne pouvant être considérée comme le plus agréable des modes de locomotion, mais constituant cependant le seul moyen de transport pratique pour se rendre, muni d'un assez volumineux bagage, de Murcie à Velez.

Toutefois, M. A. Guillon et moi nous estimons qu'après tout nous éviterons ainsi les entassements des diligences, et qu'en outre, étant absolument nos maîtres, nous serons à même de nous arrêter, le long du parcours, où bon nous semblera et de faire dès lors quelques découvertes dans des régions jusqu'à présent peu fréquentées par les botanistes. Cette perspective, jointe au désir de voir le sud de la province de Murcie et un peu le nord de celle d'Almeria, nous décide.

Je dois dire que nous eûmes à passer quelques mauvais moments, tant de jour que de nuit ; mais nos excellentes récoltes, ainsi que les superbes panoramas qu'il nous fut donné de contempler, compensèrent amplement les petits inconvénients du voyage.

Digitized by Google

PREMIÈRE JOURNÉE. — De *Murcia* à *Totana*, par *Alcantarilla*, *Lebrilla* et *Alhama* (44 kilom.).

De Murcie à *Alcantarilla*, la route est bordée de magnifiques platanes entretenant une douce fraîcheur dont nous apprécions le prix, tout en admirant les splendides jardins ou cultures que nous traversons et qui ont fait considérer la *vega* de Murcie comme ne le cédant pas aux célèbres campagnes de Grenade et de Valence. Mais, après avoir passé *Alcantarilla*, changement radical : plus rien que des champs desséchés que coupe une route poussiéreuse complètement dépourvue d'arbres. Çà et là, quelques pins parasols, quelques robustes *Opuntia*, quelques *Agave* à hampe gigantesque sur le point d'ouvrir ses fleurs, enfin de rares oliviers plus ou moins rabougris, interrompent seuls la monotonie du paysage ; l'horizon est limité par des montagnes dénudées où la végétion arborescente, s'il en existe, est tellement réduite qu'elle ne se distingue pas sur le fond gris uniforme qui de tous côtés borne la vue.

Inutile de dire que dans ces terres brûlées, dans ces fossés à sec, nous essayons en vain de trouver quelques plantes bonnes à signaler ; le soleil et la poussière ont presque tout anéanti. Tout au plus pouvons nous voir :

Ranunculus muricatus L. Moricandia arvensis DC., Lepidium Draba L., Rapistrum rugosum All., Peganum Harmala L., Echinops strigosus L., Galactites tomentosa Mœnch, Senecio linifolius L., Scolymus Hispanicus L.

Nous arrivons enfin à *Totana*, où nous consacrons tout le temps qui nous reste, avant la tombée de la nuit, à changer de papier nos récoltes des jours précédents.

DEUXIÈME JOURNÉE. — De *Totana* à *Puerto de Lumbreras*, par *Lorca*.

En quittant *Totana*, ville dont la population de cultivateurs est fortement mêlée de *gitanos*, nous entrons dans une région plus favorable au botaniste, car nous trouvons des champs

Digitized by Google

rocailleux, des ruisseaux à sec, des garrigues et d'anciennes salines.

A 4 kilom. de Totana, le lit desséché d'un torrent, descendant de la sierra située à droite de la route, attire notre attention, et nous y prenons :

Diplotaxis Lagascana DC. var. genuina, var. Webbiana (D. hispida Webb non DC.) et var. intricata (Pendulina intricata Willk.), Guiraoa arvensis Coss., Astragalus pentaglottis L., Herniaria cinerea Lam., Pinardia coronaria Less., Achillea santolinoides Lag., Artemisia Barrelieri Bess., A. Herba-alba Asso var. incana Boiss., Kentrophyllum lanatum DC., Centaurea Seridis L. var. maritima Willk., Caroxylon tamariscifolium Moq., Asphodelus tenuifolius Cav., Macrochloa tenacissima Kunth.

Dans une petite garrigue, à environ 11 kilom. de Totana, nous faisons une seconde halte et nous recueillons :

Eruca stenocarpa Boiss. et Reut. var. major Rouy (E. orthosepala Lge), Capparis spinosa L., Reseda lanceolata Lag. et var. trisecta Rouy (R. constricta Lge), R. lutea L. var. pulchella Müll., Zizyphus Lotus Lam., Kentrophyllum arborescens Hook., Centaurea Melitensis L., C. Nicæensis All., Scolymus maculatus L., Marrubium Alysson L., Teucr. capitatum L., Thymus hirtus Willd. var. erianthus Boiss. et var. capitatus Boiss., T. Zygis L. var. gracilis Boiss., T. membranaceus Boiss. et Reut., Camphorosma Monspeliaca L., Euphorbia Lagascæ Spreng., Chamœrops humilis L., Ægilops triuncialis L., Lygeum spartum Lœfl.

Un peu plus loin, la route longe d'anciennes salines qu'on s'efforce de mettre en culture ; l'un de nous y récolte : *Picridium Tingitan.* Desf., *Sonchus zollikoferioides* Rouy, *Statice echioides* L., *Beta maritima* L., *Salicornia macrostachya* Moric., *Emex spinosus* Campb., *Dactylis glomerata* L. var. *australis* Willk., et nous arrivons peu après à *Lorca*, ville de 53,000 habitants. Cette importante cité, divisée en deux parties par le rio *Guadalantin*, est située au pied de la *sierra del Cano*, couronnée par un ancien château-fort assez bien conservé, paraît-il. L'exploration de cette sierra, d'altitude d'ailleurs peu considérable, pourrait peut-être nous procurer quelques plantes non encore vues, mais nous

Digitized by Google

n'avons que juste le temps de déjeuner à Lorca et de continuer ensuite notre route jusqu'à *Puerto de Lumbreras*, où nous remarquons, dans les champs qui précèdent le village, quelques beaux pieds d'*Hippomarathrum pterochlænum* Boiss.

TROISIÈME JOURNÉE. — De *Puerto* à *Velez-Rubio*.

Puerto de Lumbreras est situé à la bifurcation des routes d'Almeria par Huercal-Overa et de Grenade par Velez-Rubio et Guadix. Avant de nous engager sur cette dernière, il nous paraît utile d'explorer les sables de la *Rambla* qui traverse le village, ainsi que le coteau sur lequel s'étage la partie occidentale de Puerto.

Dans les sables de la *Rambla*, sur ses bords et au pied du coteau, dans des terrains salés, croissent :

Hypecoum procumbens L., Erucastrum incanum Koch, E. Pseudosinapis Lge, Frankenia pulverulenta L., Silene inaperta L., Zizyphus Lotus Lam., Lathyrus Clymenum L., Eryngium ilicifolium Lam., Onopordon corymbosum Willk., Centaurea Malacitana Boiss. et Reut., Achillea Ageratum L., Statice Thouini Viv., S. echioides L., S. salsuginosa Boiss., Halogeton sativus Moq., Osyris alba L., Euphorbia terracina L. et var. angustifolia Lge (E. Valentina Ortega), Piptatherum paradoxum P. B.

Sur le coteau de *Puerto* on peut recueillir :

Diplotaxis Lagascana DC. var. intricata, Alyssum campestre L., Helianthemum lavandulæfolium DC., H. lineare Pers., Reseda stricta Pers., Polygala exilis DC., Anthyllis cytisoides L., A. genistoides Duf., Dorycnium suffruticosum Vill. et var. Hispanicum Rouy, Astragalus Narbonensis Gouan, Hippocrepis glauca Ten., Herniaria polygonoides Cav., Helichrysum Stœchas DC. var. Hispanicum (H. Hispanicum Jord. et Fourr.), Micropus supinus L., Atractylis humilis L., Centaurea intybacea Lam., Crupina Crupinastrum Vis., Xeranthemum inapertum Willd., Urospermum picroides Desf., Scorzonera graminifolia L. var. minor Willk. et Lge, Zollikoferia resedæfolia Coss. et var. minor Rouy, Z. spinosa Boiss. (Lactuca spinosa Lam.), Echium plantagineum L., Nonnea nigricans DC., Lavandula Stœchas L., L. multifida L., Ballota hirsuta Benth., Sideritis leucantha Cav. var. flavovirens Rouy, Teucrium capitatum L. var. genuinum et s.-var. rubriflorum, var. gracillimum Rouy et s.-var. rubriflorum (T. Majorana Pers.), Lygeum spartum Lœfl.

Digitized by Google

Ces récoltes faites, nous partons pour Velez. Le chemin suit la Rambla pendant environ 6 kilom. et s'engage ensuite dans un défilé où nous descendons forcément de voiture, le malheureux mulet pouvant à peine tirer le véhicule et les colis. Nous essayons bien d'herboriser quelque peu sur les bords de ce ravin, mais *Moricandia arvensis* DC., *Anchusa Italica* Retz, *Artemisia glutinosa* J. Gay, *Helichrysum serotinum* Boiss., *Thymus Zygis* L. sont les seules plantes que nous apercevons dans ces terrains arides.

Ce mauvais passage franchi, la route devient sensiblement meilleure. Après avoir traversé de nombreux torrents de peu d'importance, tels que les *ramblas del Yunque*, de la *Calderona*, de la *Oliverica*, en serpentant sur les nombreux contreforts du *Cabezo de la Jara* et de la *sierra Cambi*, elle longe pendant quelque temps la *rambla de Nogalte*. Au *Puerto de Viotar*, point culminant (alt. 850 m.), la route, suivant la *rambla de la Charche*, commence à descendre sur Velez-Rubio, distant encore d'une dizaine de kilomètres.

Nous faisons, durant ce parcours, trois haltes. La première, un peu avant la *venta de Montalon*, nous procure: *Reseda lanceolata* Lag. et var. *trisecta*, *R. lutea* L. var. *pulchella* Müll., *Herniaria fruticosa* L., *Crucianella angustifolia* L., *Atractylis cancellata* L., *Scrofularia crithmifolia* Boiss. var. *major* Rouy, *Caroxylon tamariscifolium* Moq., *Dactylis glomerata* L. var. *australis* Willk.

La seconde, à l'endroit où la route franchit la petite *rambla de la Oliverica*, nous permet de récolter :

Reseda lutea L. var. stricta Müll., Buffonia tenuifolia L., Retama sphærocarpa Boiss., Paronychia nivea DC., P. aretioides DC., Herniaria polygonoides Cav., Galium fruticescens Cav., Scabiosa Monspeliensis Jacq., Centaurea aspera L. s.-var. subinermis, C. Malacitana Boiss. et Reut , Zollikoferia resedæfolia Coss., Scorzonera graminifolia L. var. intermedia, Chænorrhinum crassifolium Lge, Phelipæa arenaria Walp., Beta atriplicifolia Rouy, Parietaria diffusa M. et K., Gastridium lendigerum.Gaud., Cynosurus echinatus L.

Digitized by Google

La troisième enfin, au pied du cerro *Retamar*, situé sur la gauche de la route à 4 kilom. de Velez, nous met à même de prendre :

Diplotaxis virgata DC., Ononis ramosissina Desf. var. vulgaris Willk. et Lge, Anthyllis cytisoides L., Thapsia villosa L., Galium setaceum Lam., Callipeltis cucullaria DC., Centranthus Calcitrapa Dufr., Anchusa Italica Retz, Digitalis obscura L., Thymus Zygis L. var. floribundus Boiss., T. membranaceus Boiss. et Reut., Rumex induratus Boiss. et Reut., Euphorbia Nicæensis All., Macrochloa tenacissima Kunth.

IV. — CENTRE D'HERBORISATIONS : VELEZ-RUBIO.

Velez-Rubio, chef-lieu du district septentrional de la province d'Almeria, est situé presque au pied d'une haute chaîne à peu près dépourvue de végétation arborescente et couronnée par d'immenses rochers bizarrement découpés, abrupts du côté de la ville : c'est la *sierra de Maimon*. Plus loin à l'ouest, sur la route de Grenade, se trouve la sierra de Maria, qui fait pour ainsi dire suite à la sierra de Maimon et dont l'altitude ne paraît point différer sensiblement de celle de cette dernière chaîne [1]. Parmi les autres montagnes, tout aussi dénudées, qui entourent Velez-Rubio, il convient de citer : au sud-ouest, la *sierra de las Estancias*, que précède la *serrata del Castellon*, parallèles aux sierras de Maimon et de Maria ; à l'est, la *sierra del Viento* ; au nord-est, le *cerro de las Dos Hermanas* et le *cerro Piar* ; plus

[1] M. Willkomm cite, dans le *Prodromus floræ Hispanicæ*, certaines plantes (*Silene Boryi*, *Telephium Imperati*, etc.) comme ayant été récoltées sur la *sierra de Maria*, entre 4000 et 6500 pieds et de 5800 à 7000 pieds. J'estime que les chiffres de 6500 et 7000 pieds sont trop forts pour l'altitude de la sierra de Maria. La carte d'état-major de la province d'Almeria, dressée par les soins de M. le colonel Francisco Coello, ne mentionne aucune altitude pour les différents pics de la sierra de Maria ; mais l'altitude du pic le plus élevé de la sierra de Maimon, le *cerro de Maimon grande*, est comptée pour 5700 pieds. Or, la sierra de Maria ne paraît nullement plus haute que la sierra de Maimon, et en tout cas il est difficile d'admettre que la différence d'altitude de ces deux chaînes si voisines puisse être de 1300 pieds.

Digitized by Google

loin, au nord, au delà des contreforts du cerro de Maimon grande qui s'étendent entre Velez-Rubio et Velez-Blanco, le cerro de *Almezara* et la *Muela de Montreviche*.

On conçoit qu'il eût fallu au moins un mois pour explorer avec le soin nécessaire, non-seulement ces diverses montagnes, mais encore les nombreux *altos* qui, dans un rayon de quatre lieues, couvrent les environs de Velez-Rubio. A notre grand regret, nous étions loin de pouvoir disposer d'un laps de temps aussi considérable, et nous dûmes resteindre nos excursions à la sierra de Maimon, en lui consacrant le peu de temps qu'il nous était donné de passer à Velez.

1. *Cerro de Maimon grande.*

La première herborisation, que je fis seul, fut consacrée au *cerro de Maimon grande*, le plus rapproché de Velez.

En sortant de la ville par la porte de Grenade, on voit le long des fossés quelques plantes relativement vulgaires, mais cependant peu répandues dans ces régions : *Epilobium hirsutum* L., *Lythrum Salicaria* L., *Rubus discolor* W. et N., *Pulicaria Dysenterica* Gærtn., *Juncus effusus* L.; dans les fossés, *Samolus Valerandi* L., *Alisma Plantago* L., *Chara hispida* L.

Commençant bientôt l'ascension du cerro, je recueille dans les champs, les vignes, les ravins :

Rœmeria violacea Medik., Matthiola tristis R. Br., Biscutella auriculata L. et var. erigerifolia Wilik. (B. erigerifolia DC.), Rapistrum rugosum All., Helianthemum hirtum Pers. var. aureum Dun., Agrostemma Githago L., Linum suffruticosum L., Calycotome spinosa Link, Astragalus Glaux L., Hippocrepis comosa L. var. prostrata Boiss., Rosa agrestis Savi, Poterium Magnolii Spach, Paronychia nivea DC., Orlaya platycarpos Koch, Galium fruticescens Cav., G. Parisiense L. var. vestitum G. et G. (G. litigiosum DC.), Callipeltis cucullaria DC., Scabiosa Monspeliensis Jacq., Santolina Chamœcyparissus L. var. incana G. et G., Anacyclus clavatus Pers., Inula montana L., Leuzea conifera DC., Serratula pinnatifida Poir., Andryala Ragusina L. var. minor Lgé, Echium Italicum L., Cynoglossum cheirifolium L., Verbascum Thapsus L. var. semidecurrens (V. montanum Schrad.), Marrubium

Digitized by Google

supinum L. var. Boissieri Rouy (M. sericeum Boiss.), Daphne Gnidium L., Allium sphærocephalum L., Andropogon hirtum L. var longearistatum Willk. (A. pubescens Vis.), Stipa tortilis Desf., Cynosurus echinatus L.

Dans les éboulis situés au pied des grands rochers abrupts, et sur les parois de ceux-ci, se trouvent les :

Eruca stenocarpa Boiss. et Reut. Alyssum campestre L. var minus Rouy, Biscutella stenophylla Duf. (forma siliculis lævibus et forma siliculis scabriusculis), Arenaria capitata Lam., A grandiflora L., Cerastium Boissieri Gren., Dianthus brachyanthus Boiss. var montanus Willk. et Lge, Rhamnus lycioides L., Ononis brachyantha Rouy (O. parviflora Cav. an Lam.?), Vicia onobrychioides L., Paronychia aretioides DC., Chærophyllum nodosum Lam., Galium aciphyllum var. cæspitosum Willk. et Costa, Onopordon acaule L., Carduus Granatensis Willk., Centaurea ornata Willd. var macrocephala Willk., C. macrorhiza Willk., Xeranthemum inapertum Willd., Zollikoferia resedæfolia Coss. var. minor, Scorzonera graminifolia L. var. minor Willk et Lge, Leontodon Hispanicus Mér., Echium angustifolium Lam. var humile Rouy, Convolvulus lanuginosus Desr. var. sericeus Boiss., Orobanche barbata Poir., Lavandula lanata Boiss., Marrubium supinum L. var. bombycinum Rouy, Sideritis leucantha Cav. var. integrifolia Coss. (S. Bourgæana Boiss. et Reut.), Nepeta amethystina Desf. var. intermedia Rouy (N. Murcica Guir.) et var. alpina Willk., Uropetalum serotinum Gaw., Echinaria capitata Desf. var. pumila Willk. (E. pumila Willk. olim), Notochlæna vellea Desv.

Le long du ruisseau (*barranco del Caballon*) qui serpente sur les flancs du cerro croissent : *Ononis procurrens* Wallr., *Rosa Almeriensis* Rouy, *Cirsium Monspessulanum* All. var. *ferox* Coss., *Chœnorrhinum villosum* Lge var. *Granatense* Bourg. (Linaria Granatensis Willk.), *Samolus Valerandi* L., *Mentha silvestris* L. var. *candicans* Benth. Sous les rochers d'où jaillit le ruisseau, dont la source est souterraine, existe l'*Adianthum Capillus-Veneris* L.

En descendant sur Velez, on trouve encore, sur le versant sud-est du cerro: *Geranium purpureum* Vill., *Antirrhinum Barrelieri* Bor., *Digitalis obscura* L., *Nepeta amethystina* Desf. var. *genuina*.

Digitized by Google

Pendant que je fais l'ascension du *cerro de Maimon grande*, M. Guillon consacre deux heures à l'exploration du premier coteau de la *serrata del Castellon*. Outre plusieurs plantes déjà mentionnées dans la course précédente, il y recueille les *Matthiola lunata* DC. et *Anthyllis tetraphylla* L. que nous n'avions pas encore vus.

2° *Altos de Caveles* et *cerro de la Pena alta*.

Notre seconde herborisation se fait également sur la sierra de Maimon, mais à l'ouest, à l'autre extrémité de la chaîne, sur le cerro de la *Pena alta*, au-dessus de la fontaine dite *Fuen santa* et des coteaux de *Caveles*.

Nous partons de Velez en *tartana*, emportant le nécessaire pour déjeuner dans la montagne. Suivant pendant 6 kilom. la route de Grenade où, seuls, les *Lavatera triloba* L. et *Phlomis Herba-Venti* L. var. *tomentosa* Boiss. fixent notre attention, nous prenons ensuite le premier chemin sur la droite. Ce chemin nous conduit à une ferme dont la propriétaire, jeune femme née de mère française, nous accueille avec affabilité, ce que nous apprécions d'autant plus qu'en dehors des *fondas* ou des *posadas*, l'étranger est quelquefois un peu froidement reçu dans les campagnes de la Péninsule. Nous abandonnons notre voiture pour quelques heures et, lestés de nos ustensiles et provisions, nous commençons, par une chaleur accablante, à gravir les hauteurs de *Caveles* sur lesquelles se dresse le cerro de la *Pena alta*; notre but est d'arriver, en deux ou trois heures bien employées, au pied de certaines roches situées un peu avant la Pena et à l'ombre desquelles nous nous proposons de déjeuner. Malheureusement, nous constatons bientôt que trois profonds ravins, sans compter plusieurs crevasses de moindre importance qu'il nous était impossible d'apercevoir de la ferme, vont nous occasionner des montées et des descentes fort rudes, non faites pour nous ragaillardir; de plus, cela va nous retarder assez pour que vers midi seulement nous puissons être auprès des susdites roches

Digitized by Google

qui *devaient* nous procurer un peu d'ombre! Mais nous ne sommes pas venus dans les sierras du sud de l'Espagne pour y jouir de toutes nos aises, et nous arrivons, en définitive, à nous consoler assez rapidement de nos petits déboires en récoltant les rares espèces qui foisonnent sous nos pas.

De la ferme de *Fuen santa* aux grandes garrigues situées entre les champs et les éboulis, dans les cultures et les ravins, nous prenons:

Papaver dubium L., Biscutella auriculata L., Silene Cucubalus Wib. var. breviflora Rouy, Lathyrus Cicera L., Paronychia aretioides DC., Queria Hispanica L., Galium Aparinella Lge, G. verticillatum Danth., Callipeltis cucullaria DC., Senecio linifolius L., Scorzonera graminifolia L. var. minor Willk. et Lge, Asterolinum stellatum Hoffg. et Link, Verbascum phlomoides L. var. decurrens (V. australe Schrad.), Antirrhinum Barrelieri Bor., Linaria melanantha Boiss. et Reut., Rumex intermedius DC. var. heterophyllus Willk., Melica ciliata L. var. intermedia (M. glauca F. Schultz) et elata Rouy (M. Magnolii G. et G.).

Dans les garrigues, avant les éboulis, se rencontrent:

Dianthus brachyanthus Boiss. var. montanus Willk. et Lge, Astragalus incurvus Desf., Onobrychis stenorhiza DC., Telephium Imperati L., Scabiosa tomentosa Cav., Knautia (Trichera) subscaposa Boiss. et Reut., Galium aciphyllum var. longicaule Willk. et Costa, Centaurea Boissieri DC., Anarrhinum laxiflorum Boiss.

Dans les éboulis situés entre les garrigues et les roches qui précèdent les grands rochers, existent:

Platycapnos grandiflorus Rouy, Erucastrum Bæticum Lge, Alyssum montanum L., A. campestre L. var. minus, Helianthemum lineare Pers. var. scopulorum Rouy; H. cinereum Pers. var. Lagascanum Dun., Saponaria ocymoides L., Cerastium Riæi Desm., Arenaria obtusiflora Kze, Scandix pinnatifida Vent. var. velutina Coss., Cirsium echinatum DC., Carduus Granatensis Willk., Chænorrhinum crassifolium Lge var. parviflorum Lge (Linaria Sætabensis Leresche), et le si curieux et rare Sideritis stachyoides Willk., qui n'existe que sur les deux chaînes voisines, les sierras de Maria et de Maimon.

Après avoir déjeuné sommairement auprès de ces roches, je continue seul l'ascension de la partie supérieure du cerro. Les

Digitized by Google

éboulis et les gradins qui s'étendent jusqu'à la base des grands rochers (*penas*) procurent encore quelques plantes intéressantes :

Koniga spinosa Spach, *Vella spinosa* Boiss., *Reseda Bætica* J. Gay, *Silene Saxifraga* L. et var. *Hispanica* Rouy, *Erodium cheilanthifolium* Boiss., *Hypericum ericoides* L., *Centaurea macrorhiza* Willk., *Jurinæa pinnata* DC., *Crepis albida* Willk. var. *minor* Willk. s.-var. mollis, *Festuca Clementei* Boiss., et une véritable rareté, le *Teucrium thymifolium* Schreb., espèce exclusivement espagnole, d'après les auteurs, et pour laquelle cependant aucune localité précise n'avait encore pu être indiquée.

Enfin, dans les anfractuosités des penas, poussent, outre quelques-unes des espèces précédentes, *Genista Lobelii* DC. et *Globularia ilicifolia* Willk.

De ce point, le regard embrasse un ensemble imposant de hautes montagnes envoyant dans toutes les directions d'innombrables contreforts, et même, à plus de 120 kilom., l'on peut apercevoir la sierra Nevada, dont les gigantesques sommets sont toujours couverts de neige. Le botaniste parvenu au faîte du cerro de la *Pena alta* a bien mérité les quelques instants de repos qui lui sont nécessaires pour contempler cet admirable spectacle et lui permettre de se préparer à une descente fatigante, sinon dangereuse, à travers des éboulis ou blocs de rochers vous entraînant quelquefois un peu plus vite qu'il n'est nécessaire.

En moins de trois heures, je suis rendu à la ferme, où mon aimable campagnon de voyage vient bientôt me rejoindre.

Le retour de Velez-Rubio à Murcie s'effectue, comme de juste, par le chemin de l'aller ; mais, d'un commun accord, au lieu de nous arrêter de nouveau à *Totana*, dont nous avions conservé un souvenir peu agréable, nous faisons en sorte d'aller de Puerto de Lumbreras à *Alhama*. Arrivés dans ce dernier bourg et notre installation faite afin d'y coucher, nous profitons d'une heure environ, dont il nous reste à disposer avant la tombée de la nuit, pour escalader les gradins et murailles de la colline dite *del Castillo* (du Château). Dans les cultures d'*Opuntia* et les vignes, nous recueillons en hâte quelques plantes :

Digitized by Google

Brassica Cossoniana Boiss. et Reut., Alsine procumbens Fenzl, Eryngium campestre L., Ptychotis ammoides Koch, Vaillantia hispida L, Anacyclus clavatus Pers., Cupularia viscosa G. et G, Centaurea Seridis L., C. aspera L. var. scorpiurifolia Willk. (C. scorpiurifolia Duf.), C. sonchifolia L., Scolymus maculatus L., Ballota hirsuta Benth., Ægilops triuncialis L.

V.— CENTRE D'HERBORISATIONS : HELLIN.

Station de la ligne de *Chinchilla* à Murcie et Carthagène, la ville d'*Hellin*, dont la population n'est que de 13,000 habitants, est une des localités les plus riches, au point de vue botanique, de la province d'Albacete, dont elle est un chef-lieu de district (*partido judicial*).

Différentes excursions peuvent être faites en prenant Hellin pour point de départ; mais comme ce sont toujours à peu près les mêmes plantes qui constituent le fond de la végétation, l'on peut, pour avoir un aperçu assez complet de la flore des environs de cette ville, se contenter de faire deux herborisations : la première au *cerro del Pino*, commençant à la gare d'Hellin, permet de récolter les plantes des coteaux d'altitude moyenne (de 400 à 500 mètres); la seconde, à la *sierra de las Cabras*, dans les champs, cultures et garrigues entre la sierra et la route de Murcie, enfin dans les landes d'*Agramon*, met à même de recueillir les plantes des montagnes de cette région ainsi que les espèces salicoles du centre de l'ancienne province de Murcie[1].

1° *Cerro del Pino.*

Vu d'Hellin, le cerro del Pino paraît presque dépourvu de végétation et l'on est volontiers tenté de négliger cette colline aride dont l'aspect ne laisse guère soupçonner la diversité et la valeur des espèces qu'elle offre au botaniste. Je lui ai, dans l'après-

[1] L'ancienne province de Murcia comprenait les deux provinces actuelles de *Murcia* et d'*Albacete*.

Digitized by Google

midi du 26 mai 1881, consacré quatre heures, et il est facile de se rendre compte, en parcourant la liste suivante des plantes qui s'y trouvent, que je n'ai pas eu à regretter l'emploi de ce temps :

Nigella Damascena L., Hypecoum grandiflorum Benth., Glaucium corniculatum Curt., Fumaria capreolata L. var. albiflora Hamm. (F. pallidiflora Jord.), Sisymbrium Columnæ Jacq., Erucastrum incanum Koch, Eruca vesicaria Cav., Koniga maritima R. Br., Biscutella stenophylla Duf., Helianthemum strictum Pers., H. marifolium DC. var. niveum Willk. (H. dichroum Kze), Fumana glutinosa Boiss., Viola arborescens L., Reseda Phyteuma L. var. integrifolia Texid., R. Gayana Boiss. var. brevipes Rouy, Polygala rupestris Pourr., Silene nocturna L. var. micrantha Willk. (S. permixta Jord.), S. glauca Pourr. var. minor Rouy, Dianthus Broteri Boiss. et Reut. var. macrophyllus Willk., Arenaria obtusiflora Kze, Alsine tenuifolia Crantz var. confertiflora Fenzl, A. procumbens Fenzl, Spergularia diandra Heldr., Linum Narbonense L., L. strictum L., Malva Nicæensis All., Ononis reclinata L. var. minor Moris (O. mollis Savi), O. ornithopodioides L., O. Columnæ All. var. calycina Rouy, Anthyllis Arundana Boiss. et Reut., A. onobrychioides Cav., Medicago Helix Willd. var. spinulosa Moris, Trifolium scabrum L., Astragalus incurvus Desf., Psoralea bituminosa L., Hippocrepis ciliata Willd., Queria Hispanica L., Paronychia argentea Lam., P. nivea DC., P. aretioides DC., Umbilicus hispidus DC., Sedum gypsicolum Boiss. et Reut., Caucalis leptophylla L., Duriæa Hispanica Boiss. et Reut., Elæoselinum Lagascæ Boiss., Bupleurum opacum Lge, Pimpinella dichotoma Cav., Galium setaceum Lam., G. decipiens Jord. et var. depauperatum Rouy (G. Chamæaparine Willk. et Costa), Asperula scabra L. f. var. brachysiphon Willk. et Lge, Callipeltis cucullaria DC., Crucianella angustifolia L., Vaillantia muralis L., V. hispida L., Centranthus Calcitrapa Dufr., Scabiosa Monspeliensis Jacq., Bellis microcephala Lge, Anacyclus clavatus Pers., Asteriscus spinosus G. et G., Cupularia viscosa G. et G., Phagnalon rupestre Cass., Helichrysum serotinum Boiss., Filago pseudo-Evax Rouy, Micropus bombycinus Lag., Atractylis humilis L., Onopordon Illyricum L., Galactites tomentosa Mœnch, Carduus Valentinus Boiss. et Reut., C. pycnocephalus L., Centaurea linifolia Vahl var. submollis Rouy, Crupina Crupinastrum Vis., Xeranthemum inapertum Willd., Thrincia hispida Roth var. minor Boiss., Urospernum picroides Desf. var. pumilum, Picridium Tingitanum Desf. var. subacaule Willk., Andryala Ragusina L., Anagallis cœrulea Schreb. var. parviflora (A. parviflora Hoffg. et Link), Coris Monspeliensis L., Asterolinum stellatum Hoffg. et Link, Convolvulus lineatus L.,

Digitized by Google

C. lanuginosus Desr. var. sericeus Boiss., Cuscuta Epithymum L. var Kotschyi Engelm. (C. microcephala Welw.), Lithospermum fruticosum L., Solanum villosum Lam., Hyoscyamus albus L., Antirrhinum Orontium L. var. nanum Gaut., Chænorrhinum crassifolium Lge var. elongatum Rouy, Teucrium capitatum L., T. gnaphalodes Vahl, T. pseudochamœpytis L., Ballota Hispanica Benth., Marrubium Alysson L., Phlomis Lychnitis L.,Sideritis leucantha Cav. var. integrifolia Coss., Stachys hirta L., Satureia cuneifolia Ten. var. canescens, Thymus vulgaris L. var. verticillatus Willk. et Lge, T. Barrelieri Rouy var. intermedius, Rosmarinus officinalis L., Plantago Psyllium L., P. Lagopus L., P. albicans L., Thesium divaricatum Jan, Euphorbia exigua L. et var. retusa L., Uropetalum serotinum Gaw., Asphodelus cerasiferus J. Gay, A. fistulosus L, Lygeum spartum Lœfl., Echinaria capitata Desf. var. pumila Willk., Stipa tortilis Desf., S. capillata L., S. parviflora Desf., Avena barbata Brot. var. triflora Willk., A. bromoides Gouan var. microstachya Willk., Melica minuta L. var. vulgaris Coss., Scleropoa rigida Gris., Lamarckia aurea Mœnch, Wangenheimia Lima Trin., Bromus rubens L., Vulpia sciuroides Gmel. var. longearistata Willk. (V. Broteri Boiss. et Reut.), Lolium strictum Presl var. tenue Godr. (L. tenue Guss. non L.), Brachypodium ramosum R. et Sch., B. distachyum P. B., Ægilops ovata L., Ceterach officinarum Willd.

Je n'ai pas besoin d'insister sur l'intérêt que présente la découverte, dans cette région, des *Helianthemum strictum* Pers., *Arenaria obtusiflora* Kze, *Anthyllis Arundana* Boiss. et Reut., *Umbilicus hispidus* DC. *Sedum gypsicolum* Boiss. et Reut., *Pimpinella dichotoma* Cav., *Bellis microcephala* Lge et *Teucrium gnaphalodes* Vahl.

2° *Sierra de las Cabras ; garrigues, landes et salines entre Hellin et Agramon.*

Départ d'Hellin aussi matin que possible et de préférence en voiture, car la distance à parcourir est assez considérable (aller et retour, 36 kilom).

A un kilomètre environ de la gare d'Hellin, sur le bord de la route, existe une petite garrigue où poussent en abondance, avec l'*Helianthemum lavandulæfolium* DC., les *Thymus Zygis* L. et *Funkii* Coss. J'ai eu la satisfaction d'y trouver, au milieu des

Digitized by Google

parents, un pied d'un hybride (× *T. paradoxus* Rouy) de ces deux Thyms, fait qui vient à l'appui de l'opinion que j'ai émise, au sujet des Thyms de la flore portugaise, sur l'hybridité dans le genre *Thymus* (Journal *le Naturaliste*, II (1882), pag. 115 et seq.).

Tant que nous longeons la route de Murcie, la végétation, assez peu variée, ne nous offre rien de bien remarquable ; mais dès que, après avoir franchi le chemin de fer, nous suivons un sentier qui, presque parallèlement à la voie, nous conduit au pied de la *sierra de las Cabras*, l'herborisation commence, et l'exploration des garrigues, des champs que nous traversons, nous procure un grand nombre de plantes dont quelques-unes véritablement rares ; entre autres : *Anthyllis sericea* Lag., *Hippocrepis squamata* Coss., *Microlonchus Valdemorensis* Cut., *Phelipæa lutea* Desf., *Teucrium verticillatum* Cav., *Euphorbia sulcata* de Lens, etc. Je les énumère dans la liste qui suit, en les classant d'après l'ordre méthodique pour permettre de mieux saisir l'ensemble de la flore de ces terrains :

Hypecoum grandiflorum Benth., Moricandia arvensis DC., Erucavesicaria Cav., Biscutella auriculata L., Helianthemum paniculatum Dun., H. squamatum Pers., H. racemosum Dun. var. farinosum Dun., Reseda stricta Pers. et var. Funkii Willk. (R. ramosissima Bourg. non Pourr.), R. Gayana Boiss., Silene Cucubalus Wib. var. lancifolia (S. Tenoreana Colla) et var. breviflora Rouy (S. brachyanta Schur ?), Spergularia diandra Boiss., Linum Narbonense L., Malva Hispanica L., M. Ægyptia L., Haplophyllum Hispanicum Spach, Genista umbellata Poir., Cytisus Fontanesii Spach, Retama sphœrocarpa Boiss., Anthyllis cytisoides L., A. sericea Lag., Melilotus sulcata Desf. var. angustifolia Willk. et Lge, M. parviflora Desf., Trifolium lappaceum L., Dorycnium suffruticosum Vill. var. Hispanicum, Coronilla scorpioides Koch, Hippocrepis squamata Coss., Onobrychis stenorhiza DC., Herniaria polygonoides Cav. var. diffusa Rouy (H. paniculata Webb), H. fruticosa L., Duriæa Hispanica Boiss. et Reut., Crucianella patula L., Santolina Chamæcyparissus L. var. virens Willk. (S. squarrosa Willd.), Artemisia Hispanica Lam., Leuzea conifera DC., Centaurea aspera L. var. stenophylla Willk. (C. stenophylla Duf.), Microlonchus Valdemorensis Cut., Hedypnois polymorpha DC. var. rhagadioloides Willk., Zollikoferia resedæfolia Coss., Z. pumila DC., Echium angustifolium

Digitized by Google

Lam. var. parviflorum Rouy, Linaria supina Desf., Phelipæa lutea Desf., Teucrium capitatum L. var. genuinum, T. verticillatum Cav., T. pseudochamœpytis L., Salvia multifida S. et Sm., Rosmarinus officinalis L., Sideritis leucantha Cav. var. integrifolia Coss., Satureia cuneifolia Ten. var. canescens, Thymus Funkii Coss., T. Zygis L., Caroxylum tamariscifolium Moq., Thesium humile Vahl, Mercurialis tomentosa L., Euphorbia sulcata de Lens (E. retusa Cav. non Forsk.), Asphodelus fistulosus L., Macrochloa tenacissina Kunth, Kœleria setacea Pers. var. ciliata Godr., K. Castellana Boiss. et Reut., Ægilops triuncialis L., Brachypodium distachyum P. B., Nardurus Salzmanni Boiss.

L'ascension de la *sierra de las Cabras*, à travers les rochers et les éboulis, met à même de recueillir, outre plusieurs plantes que je viens de signaler dans les garrigues, un certain nombre d'espèces et de variétés non encore rencontrées dans cette course :

Platycapnos spicatus Bernh., Brassica Cossoniana Boiss. et Reut., Alyssum Granatense Boiss. et Reut., Cistus albidus L., C. Clusii Dun., Helianthemum hirtum Pers., H. marifolium DC., Fumana glutinosa Boiss., Viola arborescens L., Polygala rupestris Pourr., Reseda lutea L. var. hispidula Müll., Melandrium macrocarpum Willk., Silene glauca Pourr., S. cerastioides L. (S. coarctata Lag.), Dianthus Broteri Boiss. et Reut. var. macrophyllus Willk., Althæa hirsuta L., Lavatera maritima Gouan, Pistacia Lentiscus L., Ononis Natrix var. media Boiss. (O. picta Desf.), O. ornithopodioides L., O. Columnæ All. var. calycina, Anthyllis onobrychioides Cav., Melilotus Neapolitana Ten., M. elegans Salzm., Trifolium procumbens L. var. majus Koch, Vicia elegantissima Shuttl., Coronilla juncea L., Callipeltis cucullaria DC., Centranthus Calcitrapa Dufr., Scabiosa Monspeliensis Jacq., Senecio Gallicus Chaix var. difficilis DC. (S difficilis Duf.), Helichrysum serotinum Boiss., Onopordon acaule L., Carduus Valentinus Boiss. et Reut., Sonchus tenerrimus L., Scorzonera graminifolia L. var. major Willk. et Lge (S. macrocephala DC), var intermedia Rouy et var. minor Willk. et Lge (S. pinifolia Gouan), Andryala Ragusina L., Campanula dichotoma L., Convolvulus lanuginosus Desr. var. sericeus Boiss., Lithospermum fruticosum L., Scrofularia sciaphila Willk., Antirrhinum Barrelieri Bor., Orobanche Spartii Guss., Satureia cuneifolia Ten. var. genuina (S. hyssopifolia Duf.), Nepeta amethystina Desf. var. genuina, var. intermedia Rouy (N. Murcica Guir.) et var. alpina Willk., Sideritis montana L. var. humilis Rouy, Mercurialis aunua L. var. Huetii J. Müll. (M. Huetii

Digitized by Google

Hanry), Asphodelus tenuifolius Cav., A. cerasiferus J. Gay, Kœleria setacea Pers. var. pubescens Parlat., Ceterach officinarum Willd., Asplenium Adianthum-nigrum L.

Enfin, dans les landes et salines qui avoisinent Agramon, on rencontre :

Frankenia Reuteri Boiss., Spergularia media Pers., Tamarix Hispanica Boiss. et Reut., Aizoon Hispanicum L., Bupleurum glaucum Rob. et Cast., Asteriscus aquaticus Less. var. pygmæus C. H. Schultz, Filago Duriæi Coss., Cichorium divaricatum Schousb., Statice cœsia Gir. var. major Rouy (S. elegans Coss., e loco classico), S. delicatula Gir. var. Tournefortii Boiss., Haloxylon articulatum Bge, Salicornia macrostachya Moric., Suæda fruticosa Forsk.. S. splendens G. et G., Juncus maritimus Lam., Arundo Donax L., Imperata cylindrica P. B., Æluropus littoralis Parlat.— Retour à Hellin.

VI. — MADRID. — LA CASA DE CAMPO.

Lorsque, venant de France et se rendant dans le sud de la Péninsule, le voyageur arrive à Madrid par le train express qui correspond avec les lignes françaises, il se voit obligé de rester en cette ville de neuf heures du matin à sept heures du soir. Les quelques premières fois, le botaniste, tout zélé qu'il puisse être, n'est pas fâché de consacrer ce laps de temps à visiter les monuments de la capitale de l'Espagne, et notamment le célèbre Musée de peinture (*Museo real*), la Maison de Velasquez, ainsi que l'a baptisé à si juste titre un de nos éminents critiques d'art. Mais au bout de trois ou quatre ans, on se sent fortement tenté de profiter de cet arrêt obligatoire, tant à l'aller qu'au retour, pour prendre une idée de la flore madrilène ; c'est pourquoi M. A. Guillon et moi nous résolûmes de faire une petite excursion botanique dans le magnifique domaine royal de la *Casa de Campo*. Voici la liste des plantes qui y furent récoltées par nous le 3 juin 1882, dans une herborisation d'à peine trois heures :

Sisymbrium polyceratium L., S. contortum Cav., Malcomia Chia DC. (probablement naturalisé), Brassica lævigata Lag., Reseda Phyteuma L. var. integrifolia Texid., Silene colorata Poir. var. vulgaris Willk., Spergularia rubra Pers. var. longipes Lge, Malva Hispanica L., Retama sphærocarpa Boiss., Cornicina lotoides Boiss., Biserrula Pelecinus L.,

Digitized by Google

Rosa Pouzini Tratt. var. nuda Gren. (R. Hispanica Boiss. et Reut.) et var. Diomedis Crép. (R. Diomedis Gren.), R. canina L. var. suffulta Christ, Lœflingia Hispanica L., Thapsia villosa L., Ferula communis L., Torilis heterophylla Guss., Senecio Gallicus Chaix var. exsquamens DC. (S. exsquameus Brot.), Pulicaria odora Reichb., Asteriscus aquaticus Less., Filago minima Fries, F. Germanica L. var. lutescens Coss. et Germ. (F. lutescens Jord.), Centaurea ornata Willd., Andryala Rothia Pers., Campanula Lœflingii Brot. var. Matritensis Lge (C. Matritensis A. DC.), Anchusa undulata L., Echium angustifolium Lam. var. genuinum Rouy, Scrofularia canina L. var. pinnatifida Boiss. (S. pinnatifida Brot.), Linaria spartea Hoffg. et Link var. ramossima Benth. (L. meonantha Hoffg. et Link), L. Tournefortii Lge var. minor Lge, Salvia patula Desf., Phlomis Herba-venti L. var. tomentosa Boiss., Thymus Zygis L. var. gracilis Boiss., Iris fœtidissima L., Bromus Matritensis L., Serrafalcus Cavanillesii Willk. (Bromus humilis Cav.).

Dans les champs bordant la route de Ségovie et sur les talus de cette route, nous prîmes encore : *Hypecoum grandiflorum* Benth., *Reseda virgata* Boiss. et Reut., *Asteriscus spinosus* G. et G., *Calendula arvensis* L., *Carduus Reuterianus* Boiss., *Salvia multifida* S. et Sm.

VII. — IRUN. — LA ERMITA DE SAN MARCIAL.

Il me reste enfin à indiquer quelles sont les plantes que j'ai récoltées dans une courte herborisation faite, à la frontière, le 31 mai 1881, d'*Hendaye* (Basses-Pyrénées) à *Irun* et à *la Ermita de San Marcial* (Espagne).

Entre Hendaye et la Bidassoa, le long des chemins ou dans les haies : *Erodium moschatum* L'Hérit., *Rosa sempervirens* L., *Œnothera rosea* Ait. (naturalisé), *Rubia peregrina* L., *Helminthia echioides* Gœrtn., *Jasminum officinale* L. (naturalisé).

Sur les bords de la Bidassoa abondent *Armeria pubescens* Link et *Glyceria distans* Wahlbg. var. *intermedia* Rouy.

Sur les murs et au bord des routes à Irun : *Senebiera didyma* Pers., *Malva silvestris* L., *Oxalis corniculata* L., *Polycarpon tetraphyllum* L., *Umbilicus pendulinus* DC.

Les long des fossés et dans les haies entre Irun et le coteau de San Marcial :

Digitized by Google

Polygala vulgaris L., Vicia sativa L. var. triflora, Rosa sempervirens L. et var. microphylla DC., R. Cantabrica Crép., Apium graveolens L., Campanula patula L., Chlora perfoliata L., Cynoglossum pictum Ait., Euphorbia pubescens Desf. var. subglabra G. et G., E. pilosa L. var. longifolia Rouy, Aspidium aculeatum Sw.

En montant à la Ermita :

Ranunculus Amansii Jord. var. minor Rouy (R. silvaticus Thuill.?), Polygala depressa Wend., Silene Cucubalus Wib. var. rupicola (S. rupicolo Bor.), S. Gallica L., Sagina procumbens L., Androsæmum officinale All., Ulex Europæus L. var. pubescens, Sedum Anglicum Huds. var. Raii Lge (S. arenarium Brot.), Rubia peregrina L., Cirsium lanceolatum Scop., C. filipendulum Lge, C. palustre Scop. var. spinosissimum Willk., Vincetoxicum officinale Mœnch, Lithospermum prostratum Lois., Asphodelus sphœrocarpus G. et G., Festuca rubra L. var. genuina Godr., Blechnum spicant Roth, Asplenium Ruta-muraria L.

Autour de la Ermita, au pied des rochers ou sur leurs parois, croissent : *Ruta bracteosa* DC., *Sedum hirsutum* All., *Daucus polygamus* Gouan, *Petroselinum peregrinum* Lag.

(*A suivre.*)

PHOSPHATE DE CHAUX DE LA GARDIOLE

PRÈS MONTPELLIER

Par M. P. de ROUVILLE

L'ouvrage très estimé de A. von Weissenbach [1] sur les filons métallifères, consiste uniquement dans des planches accompagnées d'une légende explicative très sommaire ; il a paru à l'auteur qu'une représentation fidèle, substituée à toute interprétation personnelle, mettrait le lecteur plus à l'aise pour tirer lui-même de l'état des choses les déductions qui lui paraissaient les plus logiques et les plus naturelles.

[1] Abbildungen merkwürdiger gangverhältnisse ans dem sächsischen Erzgebirge, von A. Weissenbach, bergmeister zu Freiberg.

Digitized by Google

J'ai pensé de même, à l'endroit de certaines allures du phosphate de chaux, que les exploitations de Cette et de Frontignan m'ont donné l'occasion de constater ; elles m'ont paru intéressantes à faire connaître, parce que les descriptions qui ont été faites à diverses reprises de gîtes de la même substance, ont relevé certains faits analogues sans les accompagner de figures, ou n'en ont pas signalé certains autres qui ne sont pas sans importance.

Le phosphate de chaux, par le rôle considérable qu'il joue dans l'économie animale, semble au premier abord ne relever que de la nature vivante; j'ajoute que l'absence, parmi les phénomènes actuels, d'un phénomène consistant dans la production de dépôts phosphatés, ne dispose pas moins à exclure le phosphate de chaux de l'ordre des productions absolument inorganiques.

D'autre part, la présence de l'acide phosphorique dans presque toutes les eaux minérales [1], l'existence du phosphate de chaux, apatite, dans un grand nombre de filons, et dans les roches dont l'origine ignée est le moins contestable, telles que les basaltes, les trachytes, les phonolites, sans compter les granites et les diverses roches à pyroxène et amphibole, semblent ne pas témoigner moins énergiquement en faveur d'une origine purement minérale ; d'ailleurs, la matière ayant précédé la vie, toute forme de la première a dû préexister aux manifestations de la seconde. Ces considérations étaient de nature à réduire à leur véritable valeur les théories contradictoires qui se sont produites sur cette question : un autre ordre d'idées devait également en faire justice ; la nature a plus d'un procédé à son service ; elle dispose de plus d'un moyen pour atteindre un même but ; elle sait employer aux mêmes fins, indifféremment, les énergies organiques et les forces inorganiques : témoin, la formation du calcaire ; la difficulté ne saurait donc porter sur la

[1] H. Lecoq ; Les eaux minérales considérées dans leurs rapports avec la chimie et la géologie, 1864, pag. 70.

Digitized by Google

méthode en général, mais bien sur le mode de production du phénomène spécial que l'on a sous les yeux ; entre les mille moyens dont dispose la nature, quel est celui qu'elle a mis en usage dans le gîte particulier dont nous nous occupons ? C'est donc là la question. Les éléments de la réponse ne sauraient se trouver ailleurs que dans l'étude attentive des conditions observées ; ce sont ces conditions que nos figures ont pour destination de faire connaître.

Avant d'examiner les circonstances qui s'y rencontrent, il importe de rappeler qu'une théorie mixte a surgi entre les deux contradictoires indiquées plus haut : une origine organique au début, suivie de phénomènes purement physiques ou chimiques : c'est ainsi que les nodules phosphatés de la perte du Rhône ont conduit M. Gruner à adopter pour leur formation l'explication proposée par le Dr Fitton, savoir : des déjections animales réduites ultérieurement à l'état de matières phosphatées. Il importe à ce propos de signaler une circonstance en dehors de nos éléments graphiques : la roche calcaire qui renferme le phosphate de chaux de Cette est compacte, dénuée de marnes et relativement peu fossilifère ; en outre, le massif constitué par ce calcaire forme un flot détaché de la petite chaîne oxfordienne, dite la Gardiole, qui ne présente sur aucun de ses points, ni en elle-même, ni dans son entourage, de dépôts de matière organique comparable à celle qu'à dû nécessairement fournir la faune si riche des étages crétacés de la perte du Rhône.

Il faut encore ajouter que le calcaire en question est, dans beaucoup de ses parties, mélangé de magnésie, et passe même à la dolomie, qui joue un si grand rôle dans le Languedoc au niveau de l'oolite et des calcaires à *polyplocus*.

Le détail des figures achèvera de mettre le lecteur en possession de tous les éléments du problème.

Fig. 1 (Pl. V), façade de carrière dans le calcaire oxfordien. La lettre O indique les bancs calcaires ; la lettre P le phosphate de chaux tapissant les strates avec des épaisseurs variables sans

Digitized by Google

en cacher les joints ; il ne paraît pas y avoir eu simple apposition de la matière phosphatée sur la roche oxfordienne ; celle-ci semble avoir été dissoute et remplacée par le phosphate de chaux ; certaines parties de calcaire, demeurées sans altération, permettent de reconnaître cette substitution ; elles ne sont pas nettement séparées de la partie phosphatisée, mais s'y fondent en quelque sorte ; leurs contours sont irréguliers et elles ne semblent dues qu'à une insuffisance de la matière transformatrice.

Le phénomène épigénique s'est visiblement opéré suivant des zones concentriques.

La masse calcaire a subi des mouvements et présente des lignes de fracture suivant lesquelles s'est déposé et concentré le phosphate ; celui-ci se montre, dans la portion inférieure de la figure, sous l'apparence de veines sinueuses, de dimensions différentes, dans une situation oblique par rapport aux lits de stratification.

Cette même disposition se retrouve ailleurs sur un grand nombre de points non figurés ici.

R, sol, terre végétale.

A, argile rouge, grossière dans les fissures des bancs.

Fig. 2, veine ondulée de phosphate de chaux P, comprise entre deux veines parallèles de spath calcaire S, spath et phosphate exactement moulés sur les parois sinueuses d'une fracture dans le calcaire oxfordien.

Les deux substances sont chacune d'une parfaite pureté et ne présentent à leur contact aucune trace d'action réciproque.

La similarité de leur allure disposerait à croire à une similarité complète dans leur mode de formation : phénomène de précipitation consécutif d'un phénomène de dissolution. La matière phosphatée ne paraît pas s'accompagner ici d'une plus grande énergie chimique que la substance qui l'enveloppe.

Les *fig.* 3, 4 (Pl. V), 5, 6, 7 (Pl. VI), nous replacent en face d'exemples d'érosion du carbonate de chaux par l'acide phosphorique. L'irrégularité, les dentelures, l'amincissement et l'extrémité acuminée de la surface O dans la *fig.* 3, démontrent avec

Digitized by Google

évidence la réalité des phénomènes chimiques qui ont dû présider à la formation de la bande phosphatée P. La *fig.* 5 (Pl. VI), par le profond affouillement de la partie calcaire O, et la portion rentrante si accusée de la matière phosphatée, met le même fait en pleine lumière.

C, carbonate de chaux cristallisé ; M, oxydes métalliques (fer, manganèse).

La *fig.* 6 fournit le même enseignement par les étranges dentelures de la portion calcaire O.

La *fig.* 7 nous présente des portions très réduites du calcaire O, demeurées sans altération au milieu de la masse phosphatée P.

F. Sulfure de fer épigénique.

Les zones concentriques suivant lesquelles s'est produit le phénomène de l'épigénie se montrent très nettement dans toutes les figures, et particulièrement dans les *fig.* 4 (Pl. V) et 5 et 6 (Pl. VI).

La *fig.* 8 (Pl. VI) présente le cas, tout particulier dans la région de la Gardiole, d'une vraie brèche osseuse présentant à la fois un phosphate de chaux d'origine directement organique dans les ossements inclus dans les brèches, et un phosphate au contact de la roche oxfordienne rappelant les matières concrétionnées, le long des épontes d'un filon ordinaire.

Ces figures épuisent les diverses allures de la matière phosphatée dans nos calcaires de la Gardiole ; on ne saurait y nier la réalité de phénomènes épigéniques et la postériorité de leur production à l'établissement du massif oxfordien. Dans le plus grand nombre des cas, il y a altération incontestable. La *fig.* 2 (Pl. V) présente un cas remarquable d'innocuité de la substance phosphatée.

Ces documents livrés, il nous resterait à en tirer la conclusion et à nous demander les conditions spéciales et locales d'origine de l'acide phosphorique dans le gîte qui nous occupe.

Digitized by Google

L'absence dans notre région, au loin et auprès, d'aucun dépôt fossilifère, approvisionnement préétabli de matière phosphatée, nous semble exclure une origine superficielle. D'autre part, les allures du gîte rappellent celles des matières émanées de régions profondes.

Il est vrai que la théorie wernérienne tend aujourd'hui à reprendre faveur : notre globe ne serait à nouveau que le produit d'une vaste dissolution ; l'aphorisme de Thalès : « La terre est l'ouvrage des eaux », serait même dépassé, car il n'était pas absolument inconciliable avec la notion de sources profondes à la fois minéralisées et thermales.

Pour nous, jusqu'au jour où il nous sera démontré que tout ce que nous comprenons aujourd'hui sous le nom de phénomènes volcaniques : émissions de laves, de fumerolles, de substances volatilisées, n'est que le résultat d'un lavage et d'une dissolution opérée *à la surface* de notre globe par les eaux atmosphériques, nous croirons que cette catégorie de phénomènes actuels a eu dans tous les temps son équivalent, différant d'importance et diversifié dans ses formes suivant les conditions successives dans lesquelles s'est trouvée notre planète aux différentes périodes de son existence.

Nous croirons, jusqu'à nouvel ordre, à la réalité, dans tous les moments de l'histoire du globe, d'un double foyer coexistant et mutuellement solidaire d'activité : l'un superficiel, l'autre profond, ce dernier ayant son siège à une profondeur quelconque, minime ou très grande, peu importe, manifestant à la surface ses énergies physiques et chimiques spéciales par des émissions de toutes sortes, soit gazeuses, soit liquides, soit solides, et nous verrons dans le phosphate de Cette une forme relativement récente de ces émissions, sauf à mettre sur le compte de conditions locales et de circonstances adventives difficiles à préciser, la diversité des manières d'être que nous avons eu lieu d'y observer.

Digitized by Google

LIMITES STRATIGRAPHIQUES

DES

TERRAINS JURASSIQUES ET DES TERRAINS CRÉTACÉS

AUX ENVIRONS DE GRENOBLE

Par M. A. VILLOT.

Le présent travail n'est autre chose qu'un rapide exposé des résultats d'une étude stratigraphique que j'ai faite des dépôts coralliens des environs de Grenoble [1].

Je désire d'abord appeler l'attention des observateurs sur les calcaires marneux à *Ostrea Couloni* qui recouvrent les dépôts coralliens de l'Échaillon. M. Lory et M. Hébert les rapportent à l'horizon stratigraphique des calcaires du Fontanil. Je ne partage pas leur manière de voir. Les calcaires marneux à *Ostrea Couloni* de l'Échaillon et les calcaires du Fontanil font évidemment partie d'un seul et même étage ; mais ils représentent dans cet étage deux niveaux, deux horizons bien différents. Les calcaires à *Ostrea Couloni* de l'Échaillon représentent l'horizon stratigraphique des couches à ciment de Noyarey, du Chevallon, de la Porte-de-France et de Seyssins, lesquelles couches sont séparées des calcaires du Fontanil par toute une série de calcaires et de marnes (calcaires à *Metaporhinus* et marnes à *Belemnites latus*). Une plus forte proportion de carbonate de chaux [2] et la présence de nombreux fossiles : tels sont les caractères qui sem-

[1] Je comprends sous ce nom collectif, non seulement les dépôts coralliens d'Aizy et de l'Échaillon, mais encore ceux du Chevallon et de la Buisse, près de Voreppe.

[2] La proportion d'argile et de carbonate de chaux nécessaire pour faire un *ciment* de bonne qualité peut se rencontrer à des niveaux très divers de la série géologique ; et il s'en faut de beaucoup qu'elle soit constante sur toute l'étendue d'un seul et même horizon statigraphique. On ne saurait trop insister sur ce fait, dans l'intérêt de la science comme dans celui de l'industrie.

Digitized by Google

blent, au premier abord, distinguer les calcaires marneux de l'Échaillon des couches à ciment. Mais ce sont là des différences comme on en observe souvent sur un même horizon stratigraphique. Elles peuvent très bien s'expliquer par la profondeur plus ou moins grande de la mer, par l'éloignement ou le voisinage de la côte, par la nature chimique des éléments qui sont entrés dans la composition des sédiments. Les calcaires argileux et bitumineux de la Porte-de-France et de Seyssins ne sont, en réalité, que le prolongement des calcaires marneux à *Ostrea Couloni* de l'Échaillon ; et ces divers dépôts se trouvent reliés les uns aux autres par les couches à ciment de Noyarey et du Chevallon, qui leur sont intermédiaires à tous les points de vue.

M. Lory et M. Hébert croient qu'il existe à l'Échaillon, entre le corallien et les calcaires marneux à *Ostrea Couloni*, une lacune stratigraphique. Cette lacune correspondrait, selon M. Lory, au dépôt des marnes à *Belemnites latus* ; elle représenterait, selon M. Hébert, les marnes à *Belemnites latus*, les calcaires à *Metaporhinus*, les couches à ciment, les calcaires à *Ammonites transitorius* et les calcaires à *Terebratula janitor*. Une pareille lacune ne pourrait s'expliquer que de deux manières : par une émersion ou par une érosion. L'une ou l'autre aurait laissé des traces. On ne les trouve point. Bien au contraire, on observe à l'Échaillon une sorte de soudure entre les deux étages. Il n'y a pas, en réalité, contact, mais bien confusion et mélange des dépôts coralliens avec les calcaires à *Ostrea Couloni*. Les calcaires bleus ou roux à *Ostrea Couloni* passent par une série de nuances intermédiaires aux calcaires coralliens d'un blanc pur, de sorte qu'on ne sait où placer la limite entre les deux étages. Cette limite est représentée par un seul et même banc, en partie bleu, en partie roux, en partie blanc. Il me paraît impossible de concilier ce fait avec l'hypothèse d'une lacune quelconque entre les deux formations.

Les couches supérieures du calcaire corallien de l'Échaillon sont très dures, légèrement jaunâtres et peu fossilifères. On y trouve seulement quelques fragments de Térébratules. Au-dessous,

Digitized by Google

viennent les gros bancs, à stratification confuse, très fossilifères, qui fournissent la pierre dite de l'Échaillon. C'est un calcaire d'un blanc pur, d'apparence crayeuse, pétri de Polypiers, de Limes, de Peignes, de Térébratules, de Rhynchonelles, de piquants d'Oursins. Le *Diceras Lucii*, le *Rhynchonella inconstans*, le *Terebratula insignis*, le *Cidaris glandifera*, espèces des plus caractéristiques, n'y sont pas rares. Ces diverses assises calcaires reposent sur des bancs de dolomie pure. La dolomie de l'Échaillon est très nettement cristallisée, mais les cristaux sont plus ou moins volumineux.

Les couches à *Ostrea Couloni* de l'Échaillon sont représentées à Aizy par des calcaires marneux gris ou bleuâtres, dans lesquels je n'ai pas trouvé de fossiles. Au-dessous apparaît, comme à l'Échaillon, une couche limite qui renferme des Térébratules. Comme à l'Échaillon encore, cette couche limite repose sur une formation corallienne ; mais le corallien d'Aizy a des caractères tout particuliers qui, sur certains points, le rendent presque méconnaissable.

Le type du corallien d'Aizy est représenté par un calcaire gris-roussâtre qui ressemble beaucoup, au premier abord, à certaines assises du Néocomien inférieur. Examiné à l'œil nu, sur une cassure fraîche, ce calcaire a tout à fait l'aspect d'une fine lumachelle. On le dirait composé d'une multitude de petits cristaux de carbonate de chaux spathique, à facettes miroitantes, réunis et agglutinés les uns aux autres par un ciment calcaire. L'emploi de la loupe montre bien vite que ces soi-disant cristaux ont une forme sphérique et qu'ils ne représentent en réalité que la coupe de petits oolithes, presque microscopiques. La structure oolithique de ce calcaire est mise en évidence par l'action des agents atmosphériques. Le ciment qui réunit les oolithes étant plus facilement dissous que la matière qui constitue les oolithes elles-mêmes, celles-ci ne tardent pas à faire saillie sur les parties de la roche exposées aux intempéries, et il devient alors possible d'étudier les oolithes dans tous leurs détails. Ce ne sont pas des oolithes proprement dites ; elles en ont la forme,

Digitized by Google

mais non la structure. Elles ne sont point constituées, comme les oolithes véritables, par une série de couches se recouvrant les unes les autres et disposées concentriquement autour d'un noyau primitif. Non, elles sont homogènes, et leur forme est beaucoup moins régulière. Leur origine est aussi bien différente. Ces oolithes coralliennes ne sont autres que des débris de coquilles, de polypiers, de bryozoaires et de piquants d'oursins, roulés par la mer, arrondis par le frottement, puis agglutinés par un ciment calcaire. Çà et là, quelques fragments volumineux, moins usés que les autres et encore reconnaissables, mettent cette origine hors de doute. Ce calcaire oolithique n'est en définitive qu'un *Coral rag* à éléments très atténués.

Sa véritable nature devient de plus en plus évidente à mesure qu'on se rapproche de la limite supérieure du dépôt. La grosseur des débris organiques va toujours en augmentant, et il arrive un moment où ces débris sont, non seulement reconnaissables, mais même déterminables. Ils appartiennent à des espèces coralliennes. M. Hébert le reconnaît ; mais il prétend que ce sont des fossiles remaniés, arrachés à une falaise corallienne préexistante. C'est une hypothèse qui me paraît bien difficile à justifier. Les animaux dont les débris constituent ce Coral-rag n'ont probablement pas vécu sur le point même où se formait la roche ; mais ils vivaient sans doute à peu de distance de là, et venaient, emportés par le flot, se briser sur le rivage d'Aizy. Ces débris organiques ont été évidemment roulés par la mer ; mais rien ne prouve qu'ils ne soient pas en place, qu'ils proviennent d'un dépôt corallien préexistant.

La preuve que le corallien d'Aizy est bien en place, qu'il appartient bien à l'horizon stratigraphique du corallien de l'Échaillon, nous est fournie par ce fait : qu'il existe à Aizy même des calcaires absolument identiques à ceux de l'Échaillon. Ces calcaires blancs, d'apparence crayeuse, pétris de fossiles coralliens, semblent avoir échappé jusqu'ici à l'attention des observateurs. Cela n'a rien d'étonnant, car ils ne se trouvent à découvert que sur quelques points très restreints. Ils affleurent sur le bord du che-

Digitized by Google

min d'Aizy et se prolongent parallèlement à l'axe du vallon, recouverts presque partout par des cultures, des maisons ou des dépôts erratiques. Bien des géologues ont dû, comme moi-même, passer souvent à côté d'eux sans avoir l'idée de donner le coup de marteau qui m'a révélé leur présence. Si M. Hébert les avait vus, il n'aurait certainement pas nié l'existence de dépôts coralliens en place à Aizy.

Les couches inférieures du corallien d'Aizy prennent, sur certains points, une structure bréchoïde, qui est très remarquable et des plus instructives. C'est la fameuse *brèche*, si souvent visitée, si souvent décrite, et sur laquelle tout n'était pas encore dit, ainsi qu'on va le voir.

L'élément essentiel de la brèche d'Aizy est représenté par le calcaire oolithique dont j'ai déjà parlé et sur la nature duquel je me suis expliqué. Or, on trouve souvent, disséminés dans cette pâte oolithique, des fragments d'une dolomie pulvérulente, jaune nankin, qu'il importe de ne pas confondre avec la dolomie corallienne. Cette dolomie remaniée provient de la partie supérieure du terrain sous-jacent, où elle forme de petits bancs alternant avec les calcaires lithographiques à *Ammonites transitorius*. Ce n'est d'ailleurs pas le seul élément étranger qui concoure à la formation de la brèche d'Aizy. On y trouve aussi de nombreux fragments de calcaire lithographique, bien reconnaissables. Mais ce qui nous paraît le plus digne de fixer notre attention, c'est la présence de fragments d'Ammonites ou même d'Ammonites entières, enchâssées dans la pâte oolithique de la brèche. Ces Ammonites appartiennent à des espèces variées, le plus souvent cependant à l'*Ammonites transitorius*. Ce seraient là, d'après M. Hébert, des fossiles vraiment en place, et l'éminent Professeur de la Sorbonne en tire cette conclusion : que la brèche d'Aizy n'est autre chose que la partie supérieure des calcaires lithographiques à *Ammonites transitorius*. Je regrette de ne pouvoir encore ici partager l'opinion de M. Hébert. Le moule des Ammonites en question n'a aucun rapport de texture avec la pâte oolithique de la brèche, et il est facile d'y reconnaître

Digitized by Google

tous les caractères du calcaire lithographique. Ces Ammonites ont été évidemment arrachées par la mer corallienne aux calcaires sous-jacents, et elles représentent, en réalité, les seuls fossiles du corallien d'Aizy qui ne soient pas en place.

Il y a plus. Les Ammonites du corallien d'Aizy ne sont pas toujours en contact immédiat avec la pâte oolithique de la brèche. Elles sont très souvent encore entourées de leur gangue primitive.

On les trouve alors empâtées dans des fragments plus ou moins volumineux de calcaire lithographique, et ceux-ci, grâce à leur extrême dureté, ont conservé leurs arêtes tranchantes. D'autres fois, le fragment de calcaire lithographique porte simplement l'empreinte de l'Ammonite, et cette empreinte est restée parfaitement nette, bien qu'elle ait été longtemps soumise à l'action de l'eau de mer, frottée, puis recouverte par les débris de coraux, de coquilles, etc., qui constituent la pâte oolithique de la brèche.

Ce sont là des faits auxquels j'attache la plus grande importance. Si la brèche d'Aizy s'était formée immédiatement ou peu de temps après le dépôt des calcaires lithographiques, on pourrait bien trouver dans la brèche des Ammonites remaniées ; mais ces fossiles remaniés auraient perdu leur gangue primitive. La pâte lithographique, encore molle et humide, aurait été rapidement dissoute par l'eau de mer. Les éléments de cette pâte lithographique se seraient mêlés avec les éléments coralliens pour former un tout homogène. Ce n'est point ce qu'on observe. La pâte lithographique n'a pas été dissoute, ne s'est pas mélangée avec les éléments coralliens. Les fragments de calcaire lithographique que l'on trouve dans la brèche d'Aizy n'ont subi aucune déformation, et leurs arêtes, le plus souvent, ne sont même pas arrondies. On doit en conclure, selon moi, que la formation de la brèche d'Aizy n'a pas suivi immédiatement le dépôt des calcaires lithographiques à *Ammonites transitorius*, et qu'il y a entre ces deux sortes de dépôts une véritable lacune stratigraphique. Une longue émersion peut seule avoir donné aux calcaires lithographiques la dureté nécessaire pour résister à l'action dissolvente de la mer corallienne. Le corallien d'Aizy est beaucoup

Digitized by Google

plus récent que les calcaires à *Ammonites transitorius*, et cela, non seulement parce qu'il recouvre lesdits calcaires, mais encore parce qu'il est chronologiquement séparé de ces calcaires par une période d'émersion. Cette émersion s'est effectuée du Nord-Est au Sud-Ouest, et elle a dû commencer vers la fin du dépôt des calcaires à *Terebratula janitor*, car les calcaires à *Ammonites transitorius* semblent faire défaut à Seyssins et à la Porte-de-France[1]. Il n'est donc pas exact de dire, avec M. Lory, qu'il n'existe aucune lacune stratigraphique entre la zone à *Ammonites tenuilobatus* et les calcaires du Fontanil à *Pygurus restratus*.

On ne doit pas non plus superposer au calcaire corallien de l'Échaillon les calcaires à *Ammonites transitorius* et les calcaires à *Terebratula janitor*, comme le fait M. Hébert. Je ne suis pas parvenu à voir sur quoi repose la dolomie de l'Échaillon. On a dit (par hypothèse, probablement) qu'elle avait pour substratum les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*. Cela peut être. Mais, en admettant que cela soit, cela ne prouverait nullement que les dépôts coralliens de l'Échaillon ont succédé immédiatement à la formation des calcaires à *Ammonites tenuilobatus*; cela prouverait simplement que la mer corallienne, avant de déposer aucun sédiment, aurait enlevé sur ce point, non seulement les calcaires à *Ammonites transitorius*, mais encore les calcaires à *Terebratula janitor*. Cette hypothèse me paraît justifiée : 1° par la discordance de stratification qu'on observe à Aizy entre le corallien et les calcaires sous-jacents ; 2° par la différence d'épaisseur qui existe entre le corallien d'Aizy et celui de l'Échaillon. La différence d'épaisseur n'est cependant pas si grande qu'elle le semble à première vue, car il faut tenir compte des érosions glaciaires et post-glaciaires. Ces érosions ont entamé à Aizy, non-seulement le corallien, mais encore les calcaires à *Ammonites transitorius* et les calcaires à *Terebra tula janitor*.

A quelles divisions de la série taxonomique devons-nous rap-

[1] Les calcaires à *Ammonites transitorius* ne représentent, à vrai dire, que la partie supérieure des calcaires à *Terebratula janitor*, et il est impossible d'établir entre les uns et les autres une limite précise.

Digitized by Google

porter les divers dépôts dont nous venons de déterminer l'extension et l'ordre de succession ?

Pour l'horizon stratigraphique des couches à ciment et des calcaires marneux à *Ostrea Couloni* de l'Échaillon, il ne peut y avoir de doute. Il appartient évidemment aux terrains crétacés, et je n'hésite pas à le rattacher au Valanginien, c'est-à-dire à la base du Néocomien inférieur.

Quant au corallien d'Aizy et de l'Échaillon, il appartient, si l'on s'en rapporte à l'étalon classique, au groupe oolithique moyen. Le corallien de d'Orbigny est, en effet, généralement considéré comme représentant un horizon stratigraphique supérieur à l'Oxfordien et inférieur au Kimméridgien. Mais, cela admis, on se trouve en présence d'une grosse difficulté. L'observation nous montre que le corallien d'Aizy et de l'Échaillon est plus récent que les calcaires à *Ammonites transitorius*, et par conséquent plus récent aussi que les calcaires à *Terebratula janitor* et les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*. Or, si nous plaçons le corallien d'Aizy et de l'Échaillon au niveau ordinaire du corallien de d'Orbigny, il faut admettre : 1° qu'il n'existe, aux environs de Grenoble, aucun équivalent du groupe oolithique supérieur (Kimméridgien, Portlandien et Purbeck) ; 2° que les calcaires à *Ammonites transitorius*, les calcaires à *Terebratula janitor* et les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*, appartiennent à la partie moyenne du terrain oxfordien[1].

Cette conclusion, logique et nécessaire, soulève malheureusement de graves objections tirées de l'observation. Le passage insensible du corallien au valanginien ne concorde pas avec l'idée que l'on doit se faire des limites stratigraphiques de deux grandes divisions géologiques. La faune de la zone à *Ammonites tenuilobatus* est en grande partie kimméridgienne. La faune des calcaires à *Ammonites transitorius* et des calcaires à *Terebratula janitor* nous offre un mélange d'espèces jurassiques et d'espèces crétacées.

[1] Il faut tenir compte, en effet, de la lacune statigraphique qui existe entre le corallien et les calcaires à *Ammonites transitorius*.

Digitized by Google

Serait-il possible, avec de pareils caractères paléontologiques, de rapporter les calcaires à *Ammonites transitorius*, les calcaires à *Terebratula janitor* et les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*, à la partie moyenne du terrain oxfordien ? — Je ne le crois pas.

Je trouve plus naturel d'admettre que le corallien de d'Orbigny ne représente pas un horizon stratigraphique. Et voyons ! en y réfléchissant un peu, pourrait-il en être autrement ? On se ferait une étrange illusion si l'on s'imaginait que le fond des mers, à un certain moment de l'histoire de la terre, fut uniformément couvert de bancs de coraux, et qu'à un autre moment toutes ces colonies de Madrépores s'éteignirent simultanément et complètement. Non, les choses n'ont pas pu se passer ainsi. Dans les temps géologiques comme de nos jours, les coraux et les autres animaux invertébrés qui les accompagnent, devaient être propres à certaines zones bathymétriques et ne former que des dépôts nettement circonscrits. Ces dépôts ne peuvent être ni discontinus dans le temps ni continus dans l'espace. La faune du corallien de d'Orbigny, qui a commencé à se développer à la fin de l'époque oxfordienne, a très bien pu se propager pendant toute la période du Jurassique supérieur, et même au delà. Des dépôts coralliens avec *Diceras Lucii*, *Rhynchonella inconstans* et *Cidaris glandifera*, peuvent donc appartenir à des niveaux très divers du groupe oolithique supérieur, peuvent même être contemporains des premiers dépôts crétacés.

Le corallien des environs de Grenoble n'a pu se former qu'au début de l'époque crétacée. La mer, revenant sur ses pas du sud-ouest au nord-est, s'est arrêtée pendant quelque temps à Aizy et à l'Échaillon, et elle a dû commencer par se creuser un nouveau lit dans les derniers dépôts qu'elle avait laissés. A Aizy, les couches supérieures des calcaires à *Ammonites transitorius* furent érodées et remaniées ; et il se peut qu'à l'Échaillon l'érosion soit allée jusqu'à mettre à nu les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*, après avoir enlevé les calcaires à *Ammonites transitorius* et les calcaires à *Terebratula janitor*. De la dolomie, des

Digitized by Google

débris de coquilles, de polypiers et d'échinodermes, des fragments de calcaire, des fossiles remaniés : tels furent, tels devaient être les éléments des premiers sédiments qui se déposèrent sur ce fond rocheux. Puis, les eaux étant devenues plus calmes, plus salubres, eut lieu le développement de cette riche faune de lamellibranches, de brachiopodes, d'échinodermes et de polypiers, qui caractérise le corallien de d'Orbigny. Les dépôts calcaires qui contiennent cette faune durent naturellement combler d'abord la partie la plus profonde du bassin qui se trouvait à l'Échaillon ; mais ils finirent par s'étendre jusqu'au rivage et couvrirent la brèche d'Aizy, ainsi que j'ai pu le constater. Il est probable qu'à partir de ce moment la mer reprit sa marche progressive vers le nord-est. Le rivage fut reculé, la profondeur augmentée, et, les conditions d'existence de la vie animale se trouvant notablement modifiées, la faune corallienne fut obligée de se déplacer ou de disparaître pour toujours. Les polypiers s'éteignirent les premiers, et le fait est qu'on n'en trouve plus dans les dernières couches du calcaire corallien d'Aizy et de l'Échaillon. Le calcaire devint moins crayeux, passa du blanc au roux et commença à se maculer de taches de sulfure de fer. Ceci n'est point une hypothèse, mais bien un fait qu'on peut observer très facilement à l'Échaillon, ainsi que nous l'avons montré. C'est d'ailleurs un phénomène qui se passe journellement sous nos yeux, lorsque des eaux tenant en suspension des limons de couleurs différentes viennent à se rencontrer et à se mélanger. La mer, s'avançant toujours vers le nord-est, déposa les premiers sédiments néocomiens, et ceux-ci recouvrirent, non seulement les dépôts coralliens de l'Échaillon et d'Aizy, mais encore la région située plus à l'est, qui était restée à l'état d'émersion pendant les dépôts des couches coralliennes. C'est ainsi que je m'explique comment il se fait que les couches à ciment, séparées à Aizy des calcaires à *Ammonites transitorius* par toute l'épaisseur du corallien, se trouvent à Seyssins et à la Porte-de-France en contact avec les calcaires à *Terebratula janitor*. La période d'émersion s'étant prolongée davantage sur ces derniers points, la lacune

Digitized by Google

stratigraphique qu'on y observe se trouve et devait être beaucoup plus grande[1].

Cette lacune stratigraphique me paraît constituer la véritable limite des terrains jurassiques et des terrains crétacés, à Aizy comme à l'Échaillon, au Chevallon comme à la Buisse, à Seyssins comme à la Porte-de-France. Les derniers dépôts jurassiques des environs de Grenoble sont représentés par les calcaires à *Ammonites tenuilobatus*, les calcaires à *Terebratula janitor* et les calcaires à *Ammonites transitorius*, qui, en raison de leurs caractères paléontologiques, doivent prendre place dans le groupe oolithique supérieur (Kimméridgien et Portlandien). La période d'émersion qui les sépare des premières assises crétacées peut être considérée comme l'équivalent chronologique des dépôts lacustres de Purbeck. Quant aux premiers dépôts crétacés, ils sont représentés : à Seyssins et à la Porte-de-France par les couches à ciment, à Aizy et à l'Échaillon par les dépôts coralliens, sans qu'il y ait synchronisme des uns avec les autres. Les dépôts coralliens, recouverts à Aizy et à l'Échaillon par des dépôts synchroniques des couches à ciment de Seyssins et de la Porte-de-France, sont évidemment plus anciens que ces derniers ; mais ils leur sont intimement rattachés, sinon par leurs caractères paléontologiques, du moins par leurs caractères pétrographiques.

Le corallien de d'Orbigny ne constitue pas un horizon stratigraphique ; il peut se présenter à des niveaux très divers de la série des formations géologiques. Il forme à l'Échaillon, à la Buisse, au Chevallon et à Aizy la base des terrains crétacés ; et comme il s'y trouve directement recouvert par le Valanginien, je propose de lui donner le nom d'*Infra-Néocomien*, pour éviter toute confusion et indiquer l'époque géologique à laquelle il appartient.

Grenoble, le 15 juillet 1882.

---

[1] La surface des calcaires qui supportent les couches à ciment de Seyssins, de la Porte-de-France et du Sappey, serait fort intéressante à étudier. Elle doit être très inégale et porter encore les traces des érosions qu'elle a subies pendant son émersion et avant le dépôt des couches à ciment.

Digitized by Google

REVUE SCIENTIFIQUE.

Zoologie.

Recherches sur la structure et le développement de l'appareil reproducteur femelle des Téléostéens ; par J. Mac-Leod. (*Archives de Biologie*, II, 1881, pag. 497-532, pl. XXIX et XXX.)

La conformation de l'appareil reproducteur femelle des Téléostéens, très variable dans ses détails, peut se ramener à deux types fondamentaux :

1° (Salmonides, Murénoïdes). Les ovaires sont deux lames suspendues à la face dorsale de la cavité du corps, présentant une face interne vasculaire tapissée par l'endothélium péritonéal et une face externe lisse ou plissée recouverte par l'épithélium germinatif. Il n'existe pas de conduits génitaux et les œufs sont expulsés par des pores péritonéaux situés entre l'anus et l'orifice urinaire.

2° L'ovaire a la forme d'un tube dont la surface externe est revêtue par le péritoine et dont la surface interne, tapissée par l'épithélium germinatif, est d'ordinaire plissée en lamelles longitudinales ou transversales. La partie postérieure du tube constitue un canal évacuateur qui s'unit à son congénère avant de déboucher à l'extérieur. Lorsque l'épithélium germinatif tapisse toute la surface interne de l'ovaire, le canal est central ; mais souvent cet épithélium est localisé sur une partie de la surface, le reste étant tapissé de cellules à cils vibratiles ; le canal est alors latéral. Les Lophobranches présentent une disposition spéciale en ce qu'ils ne possèdent qu'une ou deux lamelles enroulées en volute, dont le bord seul est formé par l'épithélium germinatif et renferme de jeunes ovules, les ovules plus âgés étant repoussés vers la partie centrale de la lamelle.

Chez les poissons hermaphrodites, la glande sexuelle se présente encore, comme l'a montré Brock, sous deux formes différentes. Ou bien, comme chez le *Serranus*, un canal ovarique central est entouré en partie par des lamelles testiculaires ; ou bien, comme chez les Sparides, une cloison conjonctive sépare la partie mâle de la partie femelle de la glande. Quelquefois cependant, même dans ce dernier cas (*Sargus annularis*), les limites entre les deux parties sont mal indiquées, et l'on rencontre même des ovules développés dans les canaux séminifères.

La plupart de ces faits étaient connus, et M. Mac-Leod n'a fait que

Digitized by Google

les coordonner et y ajouter quelques observations personnelles; l'étude du développement au contraire lui appartient en propre ; malheureusement la lenteur du développement des organes génitaux et le fait qu'ils n'apparaissent souvent qu'après l'éclosion, ne lui a pas permis d'observer tous les stades chez une même espèce.

Les ovules primordiaux apparaissent dans la région intestinale du corps, des deux côtés de la ligne médiane, sous la forme de grosses cellules à noyau volumineux bien distinctes des cellules plates de l'endothélium de la cavité générale entre lesquelles elles sont éparses. Puis, après quelque temps, ces cellules se disposent en une couche périphérique entourant un bourrelet conjonctif peu accusé; leur nombre augmente, et le bourrelet devient de plus en plus saillant et forme un véritable repli étranglé dans sa portion basilaire. Ainsi se constituent l'ovaire et son ligament suspenseur. Quelques-unes des cellules germinatives s'accroissent et s'enfoncent dans le stroma, dont elles masquent la substance conjonctive au point qu'elle semble souvent ne pas exister. En même temps, la plus grande partie des éléments périphériques revient à l'état de cellules endothéliales plates ; ce changement s'opère sur toute la face interne du repli ovarien et sur une partie de sa face externe, dont une portion proximale reste seule entièrement revêtue d'épithélium germinatif.

Dans cette région, apparaît un sillon qui se développe d'arrière en avant, s'approfondit de plus en plus, puis, ses lèvres se refermant, se transforme en un canal, la cavité de l'ovaire définitif. Si le canal doit être central dans l'ovaire définitif, tout l'épithélium garde les caractères de l'épithélium germinatif; s'il doit être latéral, une partie de l'épithélium se transforme et devient cilié.

Au moment où ils se constituent, les ovaires sont situés, dans toute leur longueur, du côté dorsal de la cavité abdominale; mais bientôt, dans la partie postérieure, la vessie urinaire, en se développant et atteignant des proportions considérables, écarte les lames du mésentère et repousse les glandes génitales sur les côtés ; puis, vers le niveau de l'anus, à la face ventrale. L'auteur n'a pas vu l'établissement de la communication entre les canaux évacuateurs ainsi formés et l'extérieur, mais cette communication s'établit sans doute par la soudure des parois du tube génital avec les parois des deux diverticules de la cavité générale qui s'étendent au delà de l'anus sur les côtés du canal urinaire et la formation d'un pore péritonéal.

En résumé, les ovaires de tous les Téléostéens prennent d'abord la forme qui est permanente chez les Salmonides et les Murénoïdes, pour devenir ensuite tubulaires par la formation, à leur face externe, d'u

Digitized by Google

sillon qui se transforme en un canal. La première forme paraît par conséquent être primitive et dériver d'une forme analogue à celle qui s'observe chez les Cyclostomes, où les ovaires sont des replis entièrement tapissés par l'épithélium germinatif. Elle a donné naissance à la forme la plus générale chez les Téléostéens, en se creusant d'un sillon qui plus tard est devenu un tube et se soudant aux pores péritonéaux. La disposition qui s'observe chez les Élasmobranches et les Ganoïdes peut également en être dérivée par le dédoublement du canal urinaire primitif et l'établissement du canal de Müller.

Les pores péritonéaux ont alors pu persister, quoique sans usage dans la reproduction.

H.-A. Robin.

Recherches sur la structure et la formation des téguments chez les Crustacés Décapodes ; par A. N. Vitzou. (*Archives de Zoologie expérimentale*, X, 1882.)

Les téguments des Crustacés supérieurs sont constitués de dehors en dedans par une couche plus ou moins épaisse de chitine imprégnée ou non de sels calcaires, un épithélium chitinogène, et une couche dermique sous-jacente formée de tissu conjonctif condensé et parcourue par des vaisseaux et des nerfs.

La couche chitineuse atteint son maximun de complexité dans les parties calcifiées de la carapace du Homard ; elle se subdivise alors en quatre couches :

1° Une mince cuticule cornée, sans structure.

2° Une couche pigmentaire formée de strates parallèles très minces renfermant le pigment bleu.

3° Une couche beaucoup plus importante à strates plus épaisses, dépourvue de pigment.

Ces deux couches sont parcourues par de fins canalicules poreux perpendiculaires à la surface, qui s'arrêtent à la cuticule ; elles sont seules imprégnées de calcaire.

4° Enfin une mince couche lamellaire non calcifiée, presque entièrement dépourvue de canalicules poreux.

Dans les parties non calcifiées du tégument, les diverses couches sont peu ou pas distinctes.

L'épithélium chitinogène (homologue à l'hypoderme des Insectes) est formé par des cellules cylindriques à gros noyaux de dimensions très variables, séparées du tissu conjonctif sous-jacent par une *basement-membrane*. Quelques-unes cependant se continuent par leur extrémité inférieure avec les fibres du tissu conjonctif. Dans les

Digitized by Google

parties de la carapace qui, comme le branchiostégite ou la nageoire caudale, sont constituées par un repli du tégument, les cellules de l'épithélium chitinogène présentent de place en place des prolongements fibrillaires nucléés (colonnes de soutien de Leydig), qui se continuent de même avec les éléments de l'épithélium chitinogène opposé.

Le derme conjonctif est formé de grandes cellules arrondies à noyaux ovalaires, entremêlées de faisceaux de fibres conjonctives dirigés dans tous les sens ; les fibres prédominent à la partie interne du derme. C'est dans la couche conjonctive qu'est contenu le pigment rouge, soluble dans l'alcool, renfermé d'ordinaire dans des cellules étoilées.

Les téguments portent des prolongements de deux sortes : des prolongements cuticulaires solides et des soies qui sont également de nature cuticulaire, mais sont creusées d'un canal dans lequel se prolongent une ou plusieurs cellules chitinogènes. Les prolongements cuticulaires sont toujours simples, tandis que les soies sont souvent barbelées.

Pendant la période préparatoire à la mue, on trouve la carapace de nouvelle formation interposée entre l'épithélium chitinogène et l'ancienne carapace, dont elle est séparée par une couche de substance gélatineuse.

La nouvelle carapace, encore incomplètement développée et non incrustée de calcaire, est représentée par la cuticule et ce qui correspond à la couche pigmentaire ; en s'adressant à des animaux qui viennent de muer, on trouve les couches inférieures. Mais, chez le plus grand nombre des espèces, les couches inférieures à la cuticule présentent une structure spéciale : elles sont divisées en sortes de prismes perpendiculaires à la surface par des fissures qui correspondent aux plans intercellulaires de l'épithélium chitinogène ; chaque prisme correspond par conséquent à une des cellules de cet épithélium, il se divise lui-même en une série de lamelles parallèles à la face supérieure de la cellule. En réalité, ces lamelles sont dues à un épaississement et à une transformation progressive de la membrane de cette cellule. Dans les cas où, comme chez le Homard, on n'observe pas les lignes de séparation des prismes, c'est que les parois supérieures des prismes se sont soudées de bonne heure.

La division en prismes disparaît plus tard par apparition d'une sorte de ciment interstitiel.

L'épithélium chitinogène, pendant la période préparatoire à la mue, a pris des dimensions considérables; il diminue graduellement d'épaisseur à mesure que se forme la nouvelle carapace.

Digitized by Google

Dans les parties du tube digestif qui sont formées par des invaginations de l'épiblaste, c'est-à-dire l'œsophage et l'estomac (stomodæum) d'une part, l'intestin terminal (proctodæum) de l'autre. La structure du tégument est la même que celle du tégument externe, mais il n'existe aucune différenciation dans les couches stratifiées sous-cuticulaires. La production de la nouvelle carapace se fait exactement de même.

Mais, dans l'œsophage et dans l'intestin terminal, il existe des glandes salivaires ou intestinales que l'auteur fait connaître pour la première fois. Ce sont des glandes en tube entourées d'une capsule conjonctive dont le canal, sans structure, traverse la paroi chitineuse et déverse son contenu dans le tube digestif.

D'après M. Vitzou, ces faits établiraient l'homologie des téguments des Crustacés et de ceux des Vertébrés. Le derme aurait son homologue dans la couche conjonctive dermique, tandis que l'épithélium chitinogène représenterait la couche de Malpighi et la couche chitineuse la couche cornée de l'épiderme (!).

Le mécanisme de la mue est différent, suivant que l'on observe les Macroures ou les Brachyures. Chez les premiers, le tégument se déchire entre le bord postérieur du céphalothorax et le premier anneau de l'abdomen; l'animal se couche sur le flanc et, par une série de mouvements, dégage d'abord la partie antérieure de son corps avec les antennes et les appendices céphalothoraciques, puis son abdomen. Chez les Brachyures au contraire, le bouclier dorsal ou carapace se détache des épimères par une fente circulaire, et l'animal, restant horizontal, dégage d'abord son abdomen et ses pattes ambulatoires, puis enfin ses pinces.

La couche chitineuse qui tapisse l'estomac est vomie et reste en continuité avec les bords de l'ouverture buccale ; l'armature stomacale est brisée dans le processus. De même, la tunique chitineuse de l'intestin se détache et reste attachée à l'ancienne carapace.

L'accroissement des Crustacés a lieu dans la période préparatoire à la mue et non, comme on le croit généralement, après la mue ; c'est lui qui détermine la déchirure de l'ancien tégument.

Pendant la période préparatoire à la mue, les tissus des Crustacés sont le siège d'une abondante production de glycogène qui constituera une réserve pour la nutrition des nouveaux téguments. La matière glycogène est particulièrement abondante dans le foie et dans le tissu conjonctif sous-cutané, mais on la rencontre aussi dans les muscles et dans la lymphe. La fonction glycogénique est d'ailleurs constante, quoique plus ou moins active chez les Crustacés ; le glycogène est

Digitized by Google

abondant pendant l'hiver, par suite du ralentissement de la nutrition.

Les gastrolithes de l'Écrevisse ou les bâtonnets calcaires stomacaux du Homard, qui se développent entre l'ancienne et la nouvelle couches chitineuses stomacales et tombent dans l'estomac lors de la mue, fournissent une matière de réserve pour le durcissement de la carapace. Comme rien de semblable n'existe chez les Brachyures, l'auteur est porté à admettre que la réserve calcaire se trouve en dissolution dans la lymphe.

H.-A. Robin.

Contribution à l'histoire des Mésozoaires. — Recherches sur l'organisation et le développement embryonnaire des Orthonectides ; par Ch. Julin. (*Arch. de Biol.*, III, 1882, pag. 1-54, pl. I-III.)

Les parasites d'organisation très simple, dont M. Giard a constitué le groupe des Orthonectides, n'ont guère été étudiés jusqu'ici que par cet auteur et par Metschnikoff. Giard en reconnaissait quatre formes : deux signalées antérieurement par Keferstein et par Mac-Intosh chez le *Leptoplana tremellaris* et le *Lineus gesserensis*, et qu'il appela *Intoshia leptoplanæ* et *Intoshia linei* ; et deux autres découvertes par lui chez l'*Amphiura squamata* (*Ophiocoma neglecta*) et nommés *Rhopalura Ophiocomæ* et *Intoshia gigas*. Metschnikoff a démontré que ces deux dernières formes ne sont que le mâle et la femelle d'une même espèce, à laquelle il donne le nom de *Rhopalura Giardii*. Il a également étudié l'espèce parasite des Némertiens qu'il a fait rentrer dans le même genre, changeant le nom d'*Intoshia* en celui de *Rhopalura Intoshii ;* il en décrit les deux sexes, qui se rencontrent d'ordinaire simultanément dans le même hôte, tandis que les deux sexes du *Rhopalura Giardii* n'infestent que très rarement le même individu.

Les deux auteurs sont loin d'être d'accord sur les faits fondamentaux de l'histoire de ces animaux. Giard décrit les Orthonectides comme de simples *planula* ciliées, composées uniquement de deux feuillets, un ectoderme et un entoderme, avec un pseudomésoderme constitué par des prolongements fibrillaires des cellules endodermiques, comparables aux prolongements des cellules épithélio-musculaires, décrites par Kleinenberg chez l'Hydre. Il décrit deux modes de reproduction : par bourgeonnement à l'intérieur de sporocystes constitués par la partie endodermique de l'animal adulte et par œufs, la planula se formant par délamination chez l'*Intoshia gigas* et par épibolie chez le *Rhopalura Ophiocomæ*.

Digitized by Google

Metschnikoff, au contraire, nie l'existence des fibrilles musculaires, qui ne seraient que les queues des spermatozoïdes du mâle. Il nie également la reproduction par bourgeonnement, les sporocystes de Giard n'étant que des sacs plasmodiques renfermant plusieurs individus. Enfin il admet seulement la formation de la planula par délamination.

M. Julin a repris l'étude du *Rhopalura Giardii*, dont il a pu élucider davantage la structure à l'état adulte et suivre le développement.

Avant d'aborder son sujet, il s'élève contre les expressions de segments ou de métamères, appliquées par Giard et Metschnikoff aux divisions extérieures du corps des Orthonectides, qui ne sont que des anneaux, dont le nombre n'est pas même constant chez les différents individus, limités par des sillons souvent peu profonds, qui séparent des rangées transversales de cellules ectodermiques et n'intéressent pas les organes internes.

Le *Rhopalura Giardii* se présente sous trois formes: une forme mâle et deux formes femelles, l'une cylindrique, l'autre aplatie.

a. *Mâle*. — Les mâles, à tous les états de développement, sont toujours enfermés dans des poches à contenu liquide semi-visqueux, dont la paroi paraît être une dépendance de l'*Amphiura*. Leur présence détermine l'atrophie des organes génitaux de l'hôte.

Le corps a la forme d'un fuseau allongé, aux extrémités effilées, long de $0^{mm},104$, divisé en 6 anneaux, quelquefois 5 seulement. Le second anneau (anneau papillifère de Giard) est dépourvu de cils vibratiles et formé généralement de cinq rangées transversales de cellules renfermant un corpuscule très réfringent, de forme irrégulière, qui ne paraît pas être un noyau. Tous les autres anneaux sont ciliés, mais les deux derniers se distinguent par leurs cils raides et dirigés en avant ou en arrière, et parce qu'ils sont formés de huit cellules disposées en deux rangées; les anneaux intermédiaires, au contraire, ont des cils plus courts et moins rigides, et sont formés d'une seule rangée de longues cellules.

L'axe du corps est occupé par une masse ovoïde plus ou moins allongée, limitée par une membrane anhiste et renfermant un contenu d'apparence granuleuse, dont les granulations ne sont, comme l'a reconnu Metschnikoff, que des têtes de spermatozoïdes; cette masse (endoderme de Giard) mérite par conséquent le nom de *corps testiculaire*.

Sur le vivant, il n'est pas possible de distinguer d'autres éléments; mais en faisant agir successivement l'acide osmique en solution faible

Digitized by Google

et la glycérine, on met en évidence, entre les cellules ectodermiques et le corps testiculaire, une couche de fibrilles longitudinales qui vont s'insérer aux deux extrémités du corps; chez quelques individus, on reconnaît des noyaux sur le trajet de ces fibres.

Lorsque le mâle arrive à la maturité sexuelle, la paroi du corps testiculaire se rompt et les spermatozoïdes sont mis en liberté entre les fibrilles musculaires. Celles-ci s'écartent et se réunissent en deux ou trois faisceaux, les cellules ectodermiques se gonflent, se désagrègent et tombent, et les spermatozoïdes s'échappent librement au dehors.

b. *Femelle; forme cylindrique.* — La femelle est beaucoup plus grande que le mâle et atteint une longueur d'environ $0^{mm},28$. Les anneaux sont généralement au nombre de huit; le second est dépourvu de cils, mais formé d'une seule rangée de cellules, et ne présente pas les corpuscules réfringents du mâle. Le premier et le dernier anneau ont encore des cils raides et dirigés vers l'extrémité du corps. Leurs cellules sont nombreuses ; il n'y en a au contraire qu'une seule rangée transversale dans le second, le troisième et le cinquième anneau ; deux rangées dans le quatrième et le septième, trois dans le sixième. Ces nombres ne paraissent d'ailleurs pas être constants et diffèrent de ceux donnés par Giard. La masse interne est constituée par des cellules-œufs polyédriques par pression réciproque. Elle est séparée de l'écorce ectodermique par des fibrilles semblables à celles du mâle, mais dans lesquelles l'auteur n'a jamais pu déceler des noyaux.

c. *Femelle; forme aplatie.*— Cette forme, longue de $0^{mm},25$, est aplatie et effilée à ses extrémités; elle est ciliée dans toute sa longueur et ses anneaux sont mal distincts; les limites des cellules ectodermiques ne sont pas visibles sur le vivant. La couche des fibrilles et la masse interne sont constituées comme dans la forme précédente, mais les cellules-œufs sont réunies par une matière granuleuse peu abondante.

Enfin, près de l'extrémité antérieure et sur le côté, il existe sous l'ectoderme une grosse cellule granuleuse à noyau ovalaire, repoussant la masse interne et la couche de fibrilles. Metschnikoff, qui a vu cette formation et la croyait pluricellulaire, lui a donné le nom de *cellules subpolaires*. La cellule subpolaire n'existe jamais dans l'autre forme.

Arrivée à maturité sexuelle, la forme aplatie se divise en fragments renfermant chacun un certain nombre d'œufs dans une couche ectodermique ciliée continue. Au contraire, la forme cylindrique se rompt

Digitized by Google

au niveau de l'anneau non cilié, et les œufs, qui sont absolument indépendants, sont mis en liberté.

Développement embryonnaire.— Les embryons mâles, comme les mâles adultes, nagent librement dans une substance semi-liquide et transparente; aussi est-il facile de se les procurer à tous les stades du développement, en rompant les sacs dans lesquels ils sont contenus. Il n'en est pas de même des embryons femelles plongés dans la substance granuleuse des cylindres plasmodiques, et qu'il faut obtenir par dilacération ; aussi les premiers stades du développement des femelles ont-ils échappé à M. Julin.

a. *Développement du mâle.* — Les œufs sont des cellules sphériques finement granuleuses et sans membrane, d'un diamètre de $0^m,015$, avec noyau central et nucléole excentrique. Jamais on ne trouve l'œuf dépourvu de noyau, ce qui semble indiquer que la vésicule germinative ne disparaît pas.

Il se divise en deux blastomères inégaux, dont le plus gros donnera naissance à l'endoderme, le plus petit à l'ectoderme Celui-ci se divise en deux, quatre, huit, treize, quinze cellules, qui entourent le globe endodermique par un processus normal d'épibolie ; le globe endodermique reste libre, seulement en un point (blastopore) correspondant au futur pôle antérieur. Avant que le blastopore ne soit fermé par la continuation de la multiplication des éléments ectodermiques, il se sépare du globe endodermique une petite cellule postérieure, puis une petite cellule antérieure, auxquelles l'auteur donne le nom de cellules intermédiaires antérieure et postérieure.

Au stade suivant, la couche ectodermique est complète et l'embryon s'est couvert de cils vibratiles. La grande cellule endodermique s'est tout d'un coup divisée en nombreuses petites cellules polyédriques qui se multiplient rapidement et dont il devient bientôt impossible de distinguer les contours ; chaque cellule, en définitive, devient un spermatozoïde. Les cellules intermédiaires, qui se sont également multipliées, lui forment deux calottes antérieure et postérieure. Puis, l'embryon s'allonge rapidement, les cellules ectodermiques se disposent en rangées transversales, les deux calottes de cellules intermédiaires s'étirent en une double rangée longitudinale de cellules ; les cellules ectodermiques qui doivent former le second anneau perdent leurs cils et deviennent opaques, celles des autres anneaux s'élèvent dans le sens longitudinal. Les cellules intermédiaires se sont multipliées et constituent autour du corps testiculaire une couche complète fibrillaire dans laquelle on distingue encore des noyaux allon-

Digitized by Google

gés. Enfin, la paroi anhiste du corps testiculaire s'est différenciée probablement aux dépens de la couche périphérique de la cellule centrale primitive.

b. *Développement des femelles.* — Au premier stade observé, l'embryon est déjà constitué par un assez grand nombre de cellules divisées en deux feuillets, un ectoderme en forme de coupe entourant une masse endodermique de cellules polyédriques, toutes semblables entre elles. La multiplication des éléments continue et l'épibolie devient plus complète; le blastopore se ferme à l'extrémité antérieure, l'embryon se revêt de cils vibratiles et se dégage du cylindre plasmodique pour être mis en liberté dans la cavité de son hôte. L'extrémité antérieure se distingue par l'aplatissement des cellules ectodermiques.

Les cellules endodermiques sont encore toutes semblables entre elles, mais bientôt les plus externes se différencient en une couche spéciale et deviennent cylindriques. A ce stade, la cellule subpolaire fait son apparition chez la forme aplatie. M. Julin n'a pu suivre son mode de formation, mais, d'après sa position, la croit d'origine endodermique. L'embryon s'allonge et les éléments de la couche cylindrique d'origine endodermique s'aplatissent et finissent par former la couche fibrillaire de l'adulte. Les cellules endodermiques centrales se multiplient et deviennent les cellules-œufs.

D'après Metschnikoff, les Orthonectides de l'un et l'autre sexe, à toutes les phases de leur développement, seraient contenus dans des cylindres plasmodiques. M. Julin n'a retrouvé ces cylindres plasmodiques que pour les jeunes embryons femelles. Partout ailleurs, les individus sont libres dans des poches spéciales de l'hôte; on ne conçoit pas d'ailleurs quel pourrait être le rôle de leurs cils vibratiles dans des cylindres plasmodiques.

Les Orthonectides femelles adultes peuvent s'échapper du corps de leur hôte, nager dans l'eau ambiante et pénétrer dans un nouvel hôte.

Le fait que les œufs de la forme cylindrique sont indépendants les uns des autres, et que ceux de la forme aplatie sont au contraire réunis par une masse granuleuse, rapproché de l'isolement des embryons mâles et de la réunion des embryons femelles dans des cylindres plasmodiques, semble prouver que la forme cylindrique donne naissance aux mâles, la forme aplatie aux femelles.

Quelle place, d'après ces données, faut-il attribuer aux Orthonectides dans la classification du règne animal? Aucun caractère ne les

Digitized by Google

rapproche des Vers inférieurs, et en particulier des Turbellariés, auxquels Giard et Metschnikoff veulent les rattacher. En réalité, ils paraissent assez éloignés de tous les groupes connus. Leur polymorphisme et quelques autres traits rappellent cependant de loin les Dicyémiens.

Les Orthonectides sont-ils donc des Mésozoaires, dans le sens donné par Ed. van Beneden à ce terme pour désigner le sous-règne des animaux dont l'organisme est seulement constitué par deux feuillets (diploblastica de Ray-Lankester) ou des Métazoaires? En d'autres termes, possèdent-ils ou non un mésoderme; leur couche musculaire est-elle mésodermique? A cette question, M. Julin répond négativement. En effet, la couche fibrillaire ne présente ni l'une ni l'autre des deux origines par lesquelles les frères Hertwig ont caractérisé le mésenchyme et le mésoderme proprement dit. Il n'est formé ni par une couche gélatineuse, dans laquelle pénètrent des cellules d'un des feuillets primordiaux, ni par des diverticules du tube digestif. Au contraire, il se constitue de la même manière que la couche musculaire qui chez les Actinies co-existe avec un mésenchyme par une différenciation histologique de la couche externe de l'endoderme, avec cette différence « que, tandis que les premiers éléments (ceux de l'Actinie) restent pendant toute la durée de la vie en continuité directe avec les cellules endodermiques qui leur ont donné naissance, chez les seconds (Orthonectides), au contraire, ces éléments se distinguent des autres cellules endodermiques à une phase plus ou moins reculée du développement ».

Cette interprétation, qui me paraît très discutable, une fois admise, les Orthonectides présentent, outre la constitution diploblastique, certains traits qui les rapprochent des Dicyémides, comme l'existence des deux formes femelles donnant des embryons différents. Par analogie, les embryons infusoriformes de ce dernier groupe ne seraient-ils pas les mâles, comme l'a supposé un instant Ed. van Beneden? Chez les uns comme chez les autres, la gastrula se forme par épibolie.

H.-A. Robin.

Contribution à l'histoire des Dicyémides; par Ed. Van Beneden. (*Arch. de Biol.*, III, 1882, pag. 195-228, pl. VII et VIII.)

Dans ce mémoire, M. Van Beneden décrit deux nouveaux types génériques des Dicyémides parasites dans les corps spongieux: l'un de l'*Octopus vulgaris*, où on le rencontre avec le *Dicyema typus*;

Digitized by Google

l'autre de la *Sepia officinalis*, où il accompagne le *Dicyemina Kollikeri*. Le premier, caractérisé surtout par la forme convexe de l'embryon vermiforme et par le raccourcissement général de l'adulte, soit nématogène, soit rhombogène, qui n'est jamais filiforme comme les Dicyémiens proprement dits, est appelé *Conocyema polymorpha*. M. van Beneden en décrit les deux formes nématogène et rhombogène avec les embryons vermiforme et infusoriforme. Le second, dont l'embryon vermiforme et le nématogène qui lui donne naissance sont seuls connus, est caractérisé par la division de l'embryon en deux segments séparés par un étranglement profond ; il reçoit le nom de *Microcyema vespa*.

Passant à des considérations générales, l'auteur rappelle les principaux résultats des recherches de M. Julin sur les Orthonectides, exposés dans le Mémoire analysé plus haut. Les Dicyémides, comme le *Rhopalura*, présentent deux formes femelles dont l'une, le nématogène, reproduit des femelles, l'autre donne naissance à l'embryon infusoriforme, dont le rôle n'est pas connu, et qu'on a supposé destiné à transporter l'espèce chez un nouvel hôte. Par analogie, cet embryon infusoriforme ne serait-il pas en réalité une forme adulte, le mâle ? Certains faits viennent rendre cette hypothèse très probable. Le contenu de l'urne, formé par la multiplication de plusieurs cellules, se présente, à son complet développement, comme une masse granuleuse sans structure cellulaire, de même que le contenu du corps testiculaire des Orthonectides. L'infusoriforme rejette souvent le contenu de l'urne qui se reconstitue à nouveau. Enfin M. Van Beneden a constaté plusieurs fois un mouvement ciliaire à l'intérieur de l'urne.

L'auteur discute ensuite la légitimité de la création d'un sous-règne des Mésozoaires, qu'il a proposée pour les Dicyémides, et dans lequel, pour les mêmes raisons que M. Julin[1], il fait rentrer les Orthonectides. Il termine par le tableau suivant de la classification de ce groupe.

---

[1] Je ne puis m'empêcher de remarquer que, dans cette discussion, M. van Beneden paraît considérer comme faits démontrés, de simples hypothèses émises par M. Julin, telles que la production des mâles et des femelles respectivement par chacune des deux formes femelles, et *surtout* le passage des éléments périphériques de l'endoderme de la femelle en voie de développement par la forme épithélio-musculaire. Au contraire il semble douter de la formation de la couche fibrillaire par des cellules spéciales chez les mâles, formation dont presque tous les stades sont figurés par M. Julin.

Digitized by Google

MESOZOA.

Organismes formés de deux feuillets; ectoderme à une assise de cellules totalement ou partiellement cilié ; endoderme formé d'une cellule unique ou de plusieurs cellules ; les produits sexuels naissent de l'endoderme; ni mésenchyme ni feuillets cœlomiques, pas même de la lamelle fondamentale; deux formes femelles, l'une engendrant exclusivement des femelles, l'autre des mâles. Les Mésozoaires actuellement connus sont tous des parasites.

ORTHONECTIDA.

Corps composé de plusieurs anneaux; endoderme formé de plusieurs cellules, dont les unes affectent le type épithélio-musculaire et donnent naissance à des fibrilles musculaires, dont les autres engendrent les produits sexuels; le mâle allongé et annelé présente en avant un anneau papillifère ; femelles ovipares.

RHOMBOZOA.

Corps jamais annelé ; endoderme formé d'une cellule unique ; pas de fibrilles musculaires ; les germes naissent et se développent dans la cellule axiale. Le mâle a la forme d'une toupie ; certaines cellules glabres de son extrémité antérieure renferment des corps réfringents ; femelles vivipares.

DICYÉMIDES.

Une coiffe polaire; jeunes femelles vermiformes; verrues latérales, quelquefois aussi des verrues terminales.

Dicyema.

Pas de cellules parapolaires ; huit cellules dans la coiffe polaire ; pas de verrues terminales.

Dicyemella.

Pas de cellules parapolaires ; neuf cellules dans la coiffe polaire ; pas de verrues terminales.

Dicyemina.

Deux cellules parapolaires ; neuf cellules polaires ; deux verrues terminales.

Dicyemopsis.

Quatre cellules parapolaires ; huit cellulles polaires formant avec les premières une plaque concave ; pas de verrues terminales.

HÉTÉROCYÉMIDES.

Pas de coiffe polaire ; jeunes femelles non vermiformes ; verrues exclusivement terminales.

Conocyema.

Embryon cunéiforme ; quatre verrues terminales.

Microcyema.

Embryon composé de deux segments séparés par un étranglement ; ectoderme formé d'un très petit nombre de cellules.

Digitized by Google

Entwicklungsgeschichte der Asterina gibbosa; par Hubert Ludwig. (*Zeit. f. wiss. Zool.*, XXXVII, 1882.)

Les premiers stades du développement larvaire des Échinodermes ont été suivis sur un assez grand nombre de types et sont assez bien connus, mais il en est autrement de la formation de l'adulte. La cause en est dans la difficulté de conserver les jeunes en aquarium ; l'*Asterina gibbosa* cependant vit parfaitement dans ces conditions, et c'est le motif qui l'a fait choisir par M. Ludwig comme objet d'étude malgré l'opacité de la larve qui ne permet de suivre les phénomènes du developpement qu'en pratiquant des coupes, ou du moins en observant des individus préalablement éclaircis.

Les œufs, d'un diamètre de $0^{mm},5$, sont à peu près sphériques ou à peine allongés, et présentent une tache claire entourée de sphérules deutoplasmiques opaques. La couleur du deutoplasma est, suivant les individus, d'un jaune pur ou passant à l'orangé ou même au rose.

Il y a une sorte d'accouplement : au moment où la femelle pond, elle est entourée de un à trois mâles qui, entrecroisant leurs bras avec les siens, projettent le fluide séminal sur les œufs à mesure qu'ils sont déposés.

Les deux premières sphères de segmentation sont très légèrement inégales, mais de constitution identique. La plus petite se divise la première, suivant un plan perpendiculaire au premier plan de segmentation, puis la plus grosse suivant un plan perpendiculaire aux deux premiers, de sorte que les quatre sphères produites occupent les quatre sommets d'un tétraèdre ; puis les sphères, glissant les unes contre les autres, se disposent comme quatre segments de sphère séparés par des plans méridiens ; les segments provenant du plus petit blastomère primitif se rapprochent cependant davantage du pôle supérieur, ceux provenant du plus gros blastomère primitif du pôle inférieur. Puis elles se divisent suivant un plan horizontal plus élevé pour les premières que pour les dernières, et les segments sont alors disposés en deux demi-anneaux croisés à la façon des anneaux d'une chaîne. Le stade 16 est obtenu par la division de chaque demi-anneau suivant un plan méridien ; à partir de ce stade, il n'est plus possible de reconnaître les segments qui proviennent de l'une ou l'autre des premières sphères de segmentation.

Au stade 32, les cellules sont uniformes et disposées en une couche régulière entourant une cavité de segmentation qui existait dès le stade 4; l'œuf passe donc directement à la forme de blastophère sans traverser le stade morula.

Digitized by Google

La blastophère devient ciliée, puis une invagination dont l'orifice, d'abord très large, se rétrécit ensuite produit le stade gastrula. La non-différenciation des cellules ne permet pas de constater si l'hémisphère invaginé provient de la plus grosse des deux sphères, mais les faits connus chez les autres Échinodermes le rendent certain.

La gastrula prend une forme allongée, et l'orifice, qui était d'abord à égale distance des deux pôles, se rapproche de plus en plus du pôle inférieur, sans l'atteindre complètement.

L'opacité de la larve ne permet pas de suivre le développement du mésoderme, qui envahit peu à peu la cavité de segmentation primitivement remplie par un liquide appelé improprement par Hensen noyaux gélatineux (*gallertkern*).

L'archentéron présente une portion initiale cylindrique destinée à former la plus grande partie de l'intestin larvaire et une portion terminale renflée en forme de vésicule aveugle, qui donnera naissance à l'entérocœle et au système aquifère ou hydrocœle (vésicule vaso-péritonéale de la Selenka). Cette vésicule émet bientôt deux prolongements qui s'avancent sur les côtés de l'intestin vers le blastopore, et le gauche se développe plus rapidement que le droit, déterminant ainsi l'asymétrie de la larve. Au quatrième jour du développement, l'orifice de communication entre l'intestin larvaire et l'entérocœle d'elliptique devient linéaire, puis soude ses bords et se ferme.

A ce moment est apparue, au milieu de la face antérieure, une nouvelle invagination, qui forme l'intestin buccal et entre bientôt en communication avec l'archentéron, qui devient l'intestin moyen et l'intestin anal de la larve. Le blastopore devient alors l'anus, mais il ne tarde pas à se fermer (le 5e ou le 6e jour), et l'intestin larvaire ne s'ouvre plus à l'extérieur que par la bouche. Les trois portions de l'intestin, de même que l'entérocœle, sont ciliées.

Vers le stade où l'enterocœle se sépare de l'intestin larvaire, l'enveloppe de l'œuf disparaît et la larve commence à nager librement à l'aide de ses cils vibratiles.

Les deux cornes de l'entérocœle s'étendent rapidement et enveloppent l'intestin, la gauche devançant la droite dans son développement et tendant à devenir postérieure. La cloison disparaît en avant ; elle persiste au contraire en arrière, où elle forme un mésentère, non pas médian, mais rejeté à droite.

Le cinquième jour, le système aquifère naît de la corne gauche de l'entérocœle comme un diverticule qui s'étend sur le côté gauche de l'œsophage et de la larve tout entière, et, dès le jour suivant, présente cinq lobes obtus, première indication des cinq canaux ambulacraires.

Digitized by Google

Une invagination de l'ectoderme, un peu à gauche du plan médian postérieur, forme le pore dorsal et met la corne gauche de l'entérocœle en communication avec l'extérieur. Ce n'est par conséquent que secondairement et par l'intermédiaire de l'entérocœle que le système aquifère communique alors avec l'extérieur. Cette disposition persiste longtemps, même après la formation du canal du sable, qui naît comme un diverticule de la vésicule aquifère entre ses quatrième et cinquième lobes, et vient s'ouvrir dans l'entérocœle, en face du pore dorsal. C'est d'ailleurs la disposition qui s'observe à l'état adulte chez les Crinoïdes.

A partir du septième jour, chaque lobe de la vésicule aquifère devient lui-même trilobé, puis 5 lobé, et de nouveaux lobes latéraux, c'est-à-dire de nouveaux ambulacres, continuent à se développer entre le tentacule terminal et la dernière paire formée. Le lobe moyen précède dans son développement les deux lobes adjacents, qui précèdent eux-mêmes les lobes extrêmes. En même temps, l'ensemble du système aquifère soulève le tégument larvaire et se montre en relief à l'extérieur.

L'œsophage larvaire se détache de l'ectoderme et entre en régression, pour disparaître bientôt complètement; en même temps, l'œsophage définitif se constitue comme un diverticule du côté gauche *de l'intestin moyen* en contact avec la vésicule aquifère, à laquelle il est rattaché par une couche mésodermique.

C'est dans cette couche mésodermique qu'apparaît, comme une sorte de fente tapissée par un épithélium très plat, le commencement du système vasculaire et spécialement du cercle oral; la portion voisine du canal du sable devient le plexus vasculaire central (cœur ou glande de Perrier des auteurs français). Le système vasculaire est par conséquent d'origine exclusivement mésodermique et ne communique nulle part avec les autres cavités de la larve.

Pendant que ces phénomènes internes s'effectuaient, la forme extérieure de la larve a aussi été le siège de transformations considérables. L'extrémité aborale, obliquement tronquée et entourée d'abord d'un bourrelet régulier, se développe en deux grands lobes: l'un antérieur et l'autre postérieur, qui constituent ce que l'auteur appelle l'organe larvaire (*larven-organ*). Cet appareil présente dans son épaisseur une couche musculaire assez puissante qui en détermine la contraction; l'extension en est au contraire déterminée par l'afflux du liquide dans sa cavité, qui n'est autre que la portion impaire de l'entérocœle, de sorte qu'il sert à la larve d'organe de locomotion et fonctionne comme un ambulacre provisoire. Sa position et ses rapports montrent qu'il

Digitized by Google

est l'homologue des bras brachiolaires des larves ordinaires d'Astéries ; il rappelle d'ailleurs leur forme dans les cas rares où l'un de ses deux lobes devient bifurqué.

Formation de l'adulte. — Après l'apparition de la future face ambulacraire (actinale des auteurs) sur la face gauche de la larve, sous la forme d'un arc à cinq lobes déterminé par le relief du système aquifère, la face antiambulacraire (abactinale) se montre à la face opposée, également sous la forme de cinq lobes ; mais ces lobes sont dus, non pas à un soulèvement du tégument par des formations internes, mais à un épaississement du tégument et surtout de sa portion mésoblastique. Les plans des deux arcs ambulacraire et anti-ambulacraire forment d'abord un angle très ouvert ; ils se rapprochent peu à peu, de manière à devenir presque parallèles ; leurs lobes ne se correspondent pas.

Dès que les branches de la rosette ambulacraire deviennent trilobés, il apparaît dans le mésoblaste, à la base et du côté interne des lobes pairs, une paire de corpuscules calcaires : ce sont les rudiments des pièces ambulacraires ou vertébrales du squelette brachial de l'adulte. A mesure qu'il se forme une nouvelle paire d'ambulacres, une paire de ces pièces se développent à leur base sur le côté interne et proximal.

A la face dorsale, le squelette se montre dès l'origine formé de onze plaques : cinq qui se développent à l'extrémité des cinq lobes anti-ambulacraires, ce sont les plaques radiales ou terminales ; cinq plus internes et alternant avec elles, les plaques interradiales, et une plaque centrale. L'une des plaques interradiales est située immédiatement à droite du pore dorsal, qu'elle entourera dans la suite de son accroissement : c'est la future plaque madréporique.

A partir de ce stade, la métamorphose consistera dans l'extension des deux faces ambulacraire et antiambulacraire de l'adulte ; autour du corps de la larve, la régression de l'organe larvaire et la formation de l'œsophage définitif. L'anus définitif se développera au point où l'anus larvaire est disparu.

Les arcs antiambulacraire et ambulacraire, comme nous l'avons vu, ne se correspondent pas, ils ne se referment même pas en des points correspondants. L'un et l'autre se ferment dans un espace interradial, mais le lieu de fermeture de l'arc antiambulacraire est dans le premier interradius gauche, par rapport au lieu de fermeture de l'arc ambulacraire. L'interradius où se ferme l'arc ambulacraire, et que l'on peut considérer comme antérieur, renferme le point d'insertion de l'organe larvaire et le futur anus, l'interradius où se ferme l'arc anti-

Digitized by Google

ambulacraire, la plaque madréporique, et par conséquent le canal du sable et le plexus vasculaire central. En se refermant, le cercle ambulacraire entoure l'œsophage définitif dont nous avons vu l'origine, et qui va bientôt s'ouvrir à l'extérieur par la bouche définitive et le pédoncule de l'organe larvaire en voie de résorption.

C'est vers ce stade que le système aquifère se sépare complètement de l'entérocœle et que le canal du sable entre en connexion directe avec le pore dorsal. Vers le même stade également, l'ectoderme sous-jacent au cercle aquifère s'épaissit en un bourrelet circulaire qui s'isolera bientôt pour former le cercle central du système nerveux.

La jeune Astérie est alors constituée ; il est impossible d'établir aucune relation entre sa symétrie et celle de la larve.

Pour arriver à l'état adulte, le squelette se complète par la formation d'épines sur les pièces déjà constituées et l'adjonction de nouvelles pièces, savoir : à la face dorsale, 5 plaques intermédiaires derrière les plaques terminales et 5 paires de plaques interambulacraires dans les régions interradiales ; à la face ventrale, au-dessous de ces derniers, une plaque intermédiaire impaire (odontophore de Viguier) et des plaques adambulacraires sur les côtés des plaques ambulacraires. Les deux premières paires de plaques vertébrales et les plaques adambulacraires correspondantes se soudent en une plaque unique. L'accroissement de chaque bras se fait par le développement de nouvelles pièces du côté oral de la plaque terminale.

Ce mode de développement du squelette permet d'établir les homologies entre le squelette des Astéries et celui des autres Échinodermes. Ce sont les plaques adambulacraires et non les plaques ambulacraires qui correspondent aux plaques ambulacraires des Oursins et aux plaques latérales des bras des Ophiures. Les plaques interambulacraires se correspondent dans les différents groupes ; les plaques intermédiaires et ambulacraires des Astéries font défaut chez les Oursins ou ne sont représentées que par les plaques du périprocte et les auricules.

L'anus se forme après la bouche définitive ; l'intestin anal développe une poche interradiale impaire, et l'intestin moyen se prolonge en cinq lobes, qui sont l'origine des cinq paires de cœcums hépatiques.

Le lobe aquifère montre, vers la cinquième semaine, des rudiments, des corpuscules de Tiedemann, au nombre d'une paire pour chaque espace interradial ; à la même époque, apparaissent les ventouses des ambulacres et les vésicules basilaires. Le tentacule n'a jamais de ventouse.

Digitized by Google

Les troncs nerveux des bras se développent exactement comme le cercle péribuccal ; leur extrémité présente dès le treizième jour un renflement sur lequel on distingue un œil bien constitué.

L'auteur n'a pas pu suivre le développement du système vasculaire plus loin que ce qui a été dit plus haut.

Un prolongement interne de la paroi du corps naît du côté ventral dans chaque interradius et forme la cloison interradiale. Il semble, chez l'adulte, que l'un des interradius possède deux de ces cloisons, entre lesquelles sont enfermés le canal du sable et le plexus vasculaire central ; la cloison gauche est en réalité seule homologue aux autres cloisons interradiales, celle de droite n'est qu'un repli du mésentère épaissi.

A la septième semaine du développement, où s'arrêtent les observations de M. Ludwig, il n'y avait encore aucune trace des organes génitaux.

L'auteur termine en discutant l'opinion d'Hæckel, qui considère le développement des Échinodermes comme une génération alternante et la repoussant complètement.

H.-A. Robin.

Géologie.

Schwankungen des Meerespiegels. (*Jarbuch der Geogr. Gesselschaft zu München.* Bd., VII, 1882.)

On admet généralement que la surface des mers atteint un niveau moyen sur tous les rivages et constitue une sorte de zéro servant de base à toutes les observations hypsométriques. Ce fait est cependant mis en doute par quelques géomètres, qui allèguent que ce niveau est loin de se confondre avec la surface d'un sphéroïde mathématique et varie de plusieurs centaines de pieds sous le même parallèle, cela indépendamment de l'action temporaire des vents et des courants.

La discussion des observations du pendule a amené plusieurs savants à reconnaître que, conformément à la loi de la gravitation, les flots des rivages attirés par les massifs terrestres s'élèvent à plus de 1,000 mètres au-dessus du niveau de la pleine mer.

Dans ce Mémoire, le Dr Penk propose d'expliquer les divers cas d'oscillation des rivages si fréquents, pendant la période glaciaire, à l'aide des phénomènes dont je viens de parler. D'après lui, les masses de glace

Digitized by Google

qui occupaient certains continents auraient, pendant leur progression ou leur retrait, simultanément attiré ou repoussé les flots des rivages peu éloignés,

(Analysé dans *Nature*, 1882, pag. 319.)

Silurfossiler og Pressede Konglomerater i Bergenskifrene; par M. Hans. H. Reusch. (*Univers. program. for förste Halvaar*. Kristiania, 1883.)

Les roches métamorphiques de la péninsule de Bergen, en Norwège, ont depuis longtemps attiré l'attention des géologues. Naumann, de Buch, Esmark, Keilhan, Kjerulf et Hjörtdal s'en sont occupés, et M. Reusch publie à ce sujet un important travail.

Ces roches consistent en schistes micacés et talqueux, diorites, schistes argileux, conglomérats, granites et gneiss largement développés; de nombreuses hypothèses ont été émises sur leur origine. M. Reusch signale dans les assises argilo-schisteuses qui paraissent former la partie supérieure de ce système, de nombreux fossiles appartenant à la partie inférieure du silurien supérieur. Or, ces assises ont été souvent considérées comme d'origine ignée au même titre que les roches qu'elles accompagnent. M. Reusch étudie avec le plus grand soin les phénomènes de métamorphisme qui, d'après lui, ont entièrement modifié ces roches, et les regarde comme dus, non à des roches éruptives, mais à la pression et aux mouvements moléculaires que cette pression a occasionnés. Le gneiss lui semble une roche silurienne, sédimentaire, mais modifiée. La granulite serait nettement stratifiée et d'origine sédimentaire.

(Accompagné d'un résumé en anglais, et analysé dans *Nature*, 1882, pag. 567.)

Untersuchungen über Erzgange. Recherches sur les filons; par M. Fridolin Sandberger (1er fasc. avec deux pl. Wiesbaden, Kreidel, 1882.) Compte rendu dans *Bibliothèque universelle de Genève, Sciences physiques et naturelles*, 15 octobre 1882, par M. G. Maillard.)

Les opinions sur le remplissage des fissures des roches par des matières minérales se rangent dans deux catégories : *neptuniennes* et *plutoniennes*.

La *théorie de descension*, purement neptunienne, due à Werner, attribue les minéraux de filons aux dépôts abandonnés par les liquides s'infiltrant à travers les roches par la seule force de la pesanteur, sans dire où et comment les eaux se sont chargées de ces substances.

Digitized by Google

Les dépôts ainsi formés se présentent rarement sous forme de filons, mais plutôt de poches irrégulières. M. Sandberger cite comme exemple de ce mode de formation le gisement de plomb et de zinc de Raibl, en Carinthie, ou la blende lithinifère et la galène proviennent d'un schiste marneux supérieur à *Trachyceras aonoïdes*.

La *théorie de congénération* admet que les filons se sont formés en même temps que les roches adjacentes. Soutenue autrefois par Charpentier et quelques autres géologues, cette théorie est aujourd'hui entièrement abandonnée.

La *théorie de l'ascension* admet que les minéraux filoniens ont été déposés par des sources jaillissantes ou à l'état de sublimés. D'après M. Sandberger, le premier mode de dépôt n'est encore prouvé par aucun cas positif, et le second ne s'applique qu'à quelques cas excessivement rares.

Enfin la théorie *de sécrétion latérale ou de lévigation* (*Auslangung*) suppose que la roche encaissant une fente est lévigée par des eaux chargées de gaz et d'autres corps favorisant la décomposition et la dissolution des matières minérales, qui sont plus tard redéposées, après quelques transformations, dans les fissures de la roche, ou, par exception, d'une roche voisine.

Cette théorie, adoptée par plusieurs auteurs, rend, paraît-il, assez bien compte de tous les faits, mais n'a de fondement qu'autant que l'on constatera la présence des éléments filoniens métalliques dans la roche encaissante. L'assertion de Breithaupt, que «des filons qui traversent des roches différentes sont eux-mêmes d'une nature différente dans chacune d'elles », a été souvent vérifiée par M. Sandberger.

Cotta admet aussi que les éléments des filons existent dans la roche à un état de division infinie et que les sources n'ont fait que les concentrer dans les filons. On sait du reste qu'inversement, comme l'avaient cru Forchhammer et Bischof, ils ne peuvent s'être infiltrés dans la roche adjacente à l'état de pyrite, car ils sont contenus dans cette roche à l'état de sels de même nature que les éléments qui la constituent.

M. Sandberger, d'abord partisan de l'ancienne théorie de l'ascension, reprit ce sujet et, à la suite d'analyses séparées de chacun des éléments des roches constituant les gangues, obtint des résultats que n'avaient pu donner la *Bausch Analysen*, ou analyse en masse : dès 1877, il pouvait, pour la majorité des districts miniers de l'Allemagne, donner la preuve du remplissage des filons par lévigation de la roche cristalline encaissante. Ces études donnèrent, en outre, des résultats fort importants. Ainsi, tous les micas à base de lithium ont, sur une quantité de

Digitized by Google

10 à 20 gram. de matière, montré constamment de l'étain, et tous, sauf la lépidolite, contiennent du cuivre, du bismuth, de l'arsenic; enfin plusieurs contiennent de l'urane.

Les autres micas, les olivines, les augites, les hornblendes, sont plus pauvres en métaux mais en contiennent néanmoins, plusieurs en quantités notables.

D'une manière générale, les roches cristallines sont d'autant plus riches en métaux lourds qu'elles sont d'âge géologique plus récent.

Quant aux filons traversant les roches franchement sédimentaires, M. Sandberger fait observer que les filons de ces terrains ne deviennent riches et exploitables qu'au bord de régions cristallines, qui renferment beaucoup de filons plus anciens. Preuve que la présence de ces métaux dans des terrains stratifiés est ici due au lavage des veines primitives, pendant l'existence même de la mer de l'époque, et que ces métaux ont subi dès lors une seconde transformation en sulfures.

Quelque écourtées que soient les lignes qui précèdent, on peut juger que la théorie de M. Sandberger pourra, en tant que trop générale, être soumise en France à de nombreuses objections. Les résultats des travaux de M. Dieulafait peuvent cependant aider à la soutenir, et il ne serait possible de l'apprécier à sa juste valeur qu'après étude du travail original de l'auteur, ou tout au moins du compte rendu détaillé de M. Maillard.

Sur les étages tertiaires des Landes; par M. Bertschinger. Session de la Société helvétique des Sciences naturelles à Linthal, septembre 1882 (dans *Bibliothèque universelle de Genève*, 15 novembre 1882).

M. Bertschinger a étudié surtout le miocène des Landes, au point de vue des variations des conditions physiques de sa formation. Si les couches tertiaires n'ont pas subi dans cette région de dislocations importantes, leur faciès implique cependant des conditions de dépôt très différentes.

Dans la région de Saucats, les couches marines sont interrompues par trois et même quatre niveaux d'eau douce comprenant des calcaires, des marnes et des lignites, et qui sont eux-mêmes séparés des couches marines, soit par des strates d'origine littorale ou saumâtre avec faune spéciale, soit par des phénomènes d'érosion particuliers. La séparation de l'ensemble de ces formations en trois étages, Aquitanien, Langhien, Helvétien, est basée tant sur ces caractères stratigraphiques que sur les variations paléontologiques.

Le premier horizon d'eau douce repose directement sur la surface supérieure du calcaire marin, Tongrien à *Cardita Basteroti*; au-dessus

Digitized by Google

apparaissent des couches saumâtres, puis marines, puis de nouveau saumâtres et d'eau douce ; la surface supérieure de cette deuxième zone d'eau douce contient de nombreux mollusques lithophages avec *Mytilus aquitanicus*, c'est là la limite de l'Aquitanien inférieur ; au-dessus de ces couches, quelques bancs à congéries et à cyrènes précèdent le troisième horizon d'eau douce, qui termine l'étage aquitanien, auquel succède, avec un caractère d'abord très littoral, les premières couches du Langhien, qui devient ensuite franchement marin, pour reprendre, dans la partie supérieure, une faune saumâtre et même fluviatile et lacustre, faune qui termine l'époque langhienne. Apparaissent ensuite les sables et grès coquillers littoraux de l'Helvétien moyen, puis l'Helvétien moyen. Le fond de la mer s'est alors presque partout élevé à la hauteur actuelle de la plaine. Les marnes bleues de Saubrigues et de Saint-Jean de Marsac sont seules postérieures.

Il y a eu ainsi quatre soulèvements distincts de la région et quatre évacuations de la mer; un abaissement du sol des Landes de 5 à 10 mètres suffirait pour l'immerger de nouveau.

Il Nummulitico nella parte media dell' isola d'Elbo e suoi rapporti colle rocce feldspatiche ed ofiolitiche. Nota di B Lotti, Ing. del R. Corpo delle Miniere. (*R. comitato geologico d'Italia. Bolletino*, 1882, pag. 189.)

Parmi les géologues qui ont étudié les terrains en rapport avec les roches éruptives feldspatiques ou ophiolitiques de cette partie de l'île de l'Elbe, les uns, comme Savi, Menighini, Cocchi, ont regardé ces dépôts comme éocènes ; d'autres, avec Studer et Fournet, comme appartenant au crétacé supérieur; enfin Coquand et Von Rath sont restés indécis entre le crétacé et le tertiaire.

L'auteur donne une coupe passant par le Monte Moncione et le Monte Orello, montrant les rapports réciproques de ces diverses roches conformément à ses observations et à l'interprétation qu'il croit devoir adopter, qui est celle de Savi et de Meneghini.

Les porphyres quartzifères du Monte Moncione y apparaissent nettement déversés au-dessus de calcaires et de sables supérieurs eux-mêmes aux calcaires bigarrés nummulitiques (à *N. Biaritzensis*) ; au-dessous du nummulitique, affleurent des calcaires compactes gris, verdâtres ou roses, sans fossiles, correspondant stratigraphiquement aux calcaires et schistes polychromes du crétacé supérieur de l'Apennin ; ils reposent sur une zone de jaspes et de phtanites néocomienne ou titonique en rapport elle-même avec les diabases epidotifères et grenatifères du Monte Orello; à l'est, au-dessous de cette diabase, se montrent des lentilles d'Euphotide

Digitized by Google

reposant elles-mêmes sur la serpentine, et cette dernière enfin sur des schistes verticolores jurassiques.

Note illustrative alla carta geologiqua della provincia di Verona; par M. Nicolis. Verona, 1882.

Dans le Jurassique supérieur, l'auteur distingue trois zones d'une épaisseur totale de 15 à 40 mètres :

1° Zone à *Peltoceras transversarium* Quenst.

2° Kimméridgien à *Aspidoceras acanthicum*, avec traces des assises inférieures à *Oppelia tenuilobata*.

3° Titonique (Diphyakalk) à *Phylloceras ptychoicum, terebratula diphya. T. diphya* var. *Catulloi* Pictet. *Aptichus punctatus* Voltz. *Perisphinctes contiguus* Cat. *P. colubrinus* Rein.

Le Néocomien sans fossiles lui succède en concordance et ne s'en distingue que par ses caractères lithologiques.

Le Sénonien, avec une épaisseur de 35 mètres, est riche en ammonites, hippurites et inocérames, *Stenonia tuberculata* Defr., *Ananchytes ovata* Agass., *A. concava*, Cat. ; il est séparé du tertiaire par des roches éruptives.

Quant au tertiaire inférieur, il comprend :

1° Zone à *N. complanata* Lam. et *N. perforata* d'Orb. (flandrien et suessonien Mayer).

2° Zone à *N. Heeri, N. subvariabilis* de la Harpe, calcaires à alvéolines (Londinien Mayer).

3° Marnes et calcaires marneux à *Serpula spirulea* Lam. (Bartonien Mayer).

Sul trias della regione occidentale della Sicilia ; par M. G. G. Gemmellaro. (*Memorie della R. Academia dei Lincei*, § III, vol. XII. Roma, 1882.)

Le professeur de Palerme établit dans ces couches liasiques les divisions suivantes.

Rhétique. — Dolomie supérieure avec Rhynchonella. *R. pedata* Bronn aff. et Spirigera du groupe de *S. oxycolpos* Emmr.

Carnique. — C. zone à *Turbo solitarius*, dolomie à *Daonella Lepsiusi* Gemm.

b. Zone à *Trachyceras Aonoïdes*, calcaires à nodules de silex et schistes subordonnés, avec *Monotis rudis* Gemm., *M. limæformis*

Digitized by Google

Gemm., *Posidonomya gibbosa* Gemm., *Daonella Styriaca* Mojs., *Halolia Curionii* Gemm., *Pinacoceras* cfr. *peranctum* Mojs. etc.

a. Zone à *Trachyceras Aon.*, couches à *Halolia Mojsisovicsi* Gemm., *Arpadites* sp. aff. *A. Rüppeli* Klpst.

Norique. — Dolomie inférieure avec *Rhynchonella* sp.

Muschelkalk supérieur calcaire de *S. Elia* à Encrines et Cidaris.

Il décrit en outre et figure un assez grand nombre d'espèces nouvelles.

Invertebrate casts versus algæ in paleozoic strata. Empreintes d'invertébrés dans des couches paléozoïques, prises pour des algues. (*Nature*, 3 nov. 1882, pag. 46.)

Le Dr Nathorst, géologue suédois, est arrivé, après de nombreuses expériences dont il rend compte dans un intéressant mémoire, à reconnaître que certains invertébrés rampant sur la vase meuble du bord de la mer, laissent des empreintes identiques à celles qui ont été jusqu'à aujourd'hui rapportées à des algues fossiles. Si on les examine avec soin, dit ce savant, on reconnaît qu'un grand nombre de ces empreintes ne proviennent pas d'êtres organisés, mais ont été formées par des moyens mécaniques que l'on retrouve employés par des espèces vivantes.

Le Dr Nathorst pense qu'à l'exception de trois groupes, le plus grand nombre des Algues énumérées dans le *Traité de paléontologie* de MM. Schimper et Zittel comme mal définies, sont simplement des empreintes d'invertébrés.

Il y a quelque temps, le professeur Martins (de Berlin) montra que les poissons du genre *Periophtalmus*, qu'il avait pu observer près de Bornéo, tracent avec leurs corps et leurs nageoires, en rampant sur un fond argileux, des empreintes régulières et définies qui, conservées, peuvent facilement être confondues avec des fossiles de cryptogames. Dans une Note sur des empreintes de Méduses dans les couches cambriennes de Suède, le Dr Nathorst montre encore que l'*Eophyton spatangopsis* et d'autres formes considérées comme empreintes de divers zoophytes et mollusques, sont en réalité des traces de Méduses. Ces *fossiles* sont, d'après la théorie de ce savant, des traces laissées par la Méduse dérivant au gré des courants au-dessus d'un fond vaseux (tel serait le cas pour l'Eophyton) ou l'empreinte des organes de la face ventrale de ces animaux lorsqu'ils étaient au repos.

Jusqu'à présent, on ne reconnaît pas de Méduses ayant vécu avant le

Digitized by Google

Jurassique; mais on voit, par ce qui précède, que le Dr Nathorst pense que ces animaux datent au moins de la période cambrienne. Les empreintes que les animaux inférieurs laissent sur des fonds de vase ou de sable varient d'aspect, suivant leur mode de natation ou de reptation et suivant aussi la nature de ce fond ; il est toutefois intéressant de remarquer simplement que certains vers produisent des empreintes et des trous vermiculés semblables à des algues à rameaux rayonnants, qu'on ne supposerait pas être l'œuvre d'invertébrés, si leur mode de formation n'était parfaitement connu.

Ajoutons encore que des empreintes peuvent aussi être laissées sur un fond de mer meuble, des pierres entraînées par la marée avec des plantes flottantes, d'après les observations récentes du naturaliste écossais Symington Grieve.

VIGUIER.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Traité d'Embryologie et d'Organogénie comparées ; par M. Francis Balfour. Traduit par H. A. Robin, Docteur ès-sciences, Préparateur du cours de Zoologie à la Faculté des Sciences de Paris. (J.-B. Baillière et fils, Paris).

Les naturalistes français doivent des remerciements, à M. Robin pour avoir enrichi notre littérature scientifique d'une excellente traduction du *Traité d'Embryologie et d'Organogénie comparées,* de Balfour. Ce livre capital, que tout zoologiste et tout physiologiste sont tenus de connaître, est en effet un véritable compendium qui devra nécessairement trouver place dans la bibliothèque des hommes qui s'intéressent aux questions de morphologie.

Jusqu'à présent, les travaux d'embryogénie, faits sur des types déjà nombreux du règne animal, se trouvaient dispersés dans de nombreuses revues ou publications écrites dans des langues différentes. Les recherches bibliographiques ou l'étude des travaux sur le développement de tel ou tel type, étaient entourées de difficultés presque insurmontables ; non seulement il fallait posséder des collections considérables et coûteuses, mais il fallait encore connaître plusieurs langues et pouvoir puiser ainsi à ces sources d'origines et d'idiomes si variés.

Réunir la substance de ces nombreuses publications, les coordonner, leur donner une suite logique, telle est l'œuvre immense qu'a osé entreprendre un jeune naturaliste de trente ans, Balfour, professeur à l'Université de Cambridge et déjà Membre de la Société royale de Londres. Non seulement ce travail a été entrepris, mais il a été exécuté avec un plein succès, et c'est à lui que nous devons deux volumes importants pleins de faits et d'érudition, remplis d'appréciations justes et fécondes, et très riches en idées et en observations originales. Ce sont ces deux volumes ornés d'un grand nombre de dessins et écrits en anglais, que M. Robin a traduits pour les naturalistes français. Le premier volume vient de paraître et permet de juger de la valeur de l'œuvre. On trouve dans le texte français beaucoup de clarté unie à la fidélité. Quelques notes du traducteur exposent les données les plus récentes de la science sur certains points non encore élucidés lors de l'apparition de l'édition anglaise. M. Robin a eu aussi la bonne pensée de placer en tête du volume un exposé de la vie et des travaux de Balfour, et, après avoir habilement mis en relief les vues spéculatives et les principales découvertes de l'éminent embryologiste anglais, le savant traducteur a caractérisé en quelques lignes la valeur et la nature de l'influence que sont appelés à

Digitized by Google

exercer les travaux remarquables de ce jeune savant, qu'un accident à jamais regrettable vient d'enlever à la science.

Nous ne saurions ici donner un compte rendu du volume qui nous occupe. Il représente lui-même une synthèse trop rigoureuse pour supporter l'analyse. Nous devons nous borner à en recommander la lecture et l'étude à tous ceux qui s'intéressent à la biologie, et remercier son traducteur distingué de l'avoir mis d'une manière si excellente à la portée de ceux auxquels la langue anglaise est peu familière ou inconnue.

A. SABATIER.

L'Éditeur-Gérant : CHARLES BOEHM.

MONTPELLIER. — TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE DE BOEHM ET FILS

Digitized by Google

MÉMOIRES ORIGINAUX.

LES CHROMATOPHORES DES ALGUES

Par Fr. SCHMITZ.

Recherches comparées sur la structure et le développement des corps chlorophylliens et des corps colorés analogues chez les Algues[1].

Les recherches botaniques de ces dernières années ont soumis la chlorophylle et la fonction chlorophyllienne à un examen des plus attentifs et souvent répété ; elles ont amené bien des résultats nouveaux. Par contre, la morphologie des grains de chlorophylle a fait peu de progrès pendant ce temps. Les données que fournissent sur ce point les Manuels et les Traités datent pour la plupart d'une époque déjà ancienne. Les grands progrès que l'emploi des meilleures méthodes d'observation a fait faire à presque toutes les questions relatives à l'organisation de la cellule, devaient faire désirer que la chlorophylle fût elle-même soumise à de nouvelles recherches et nous donner la pensée qu'elles fourniraient d'intéressants résultats.

Dans ce travail, qui a pour point de départ une longue série de recherches comparatives sur les Algues, recherches qui ont été faites à l'aide des méthodes les plus nouvelles, je me suis efforcé de déterminer plus exactement la forme des corps colorés dans ce groupe (corps chlorophylliens, Érythrophylle, etc.).

[1] Publié en allemand dans *Verhandlungen d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinlande und, Westfalens*, 40e année, 1883. (**Die Chromatophoren der Algen**, vergleichende Untersuch. ub. Bau und Entwickl. der Chlorophyllkörper und d. analogen Farbstoffkörper der Algen ; par Fr. Schmitz. Bonn, 1882.) — Nous avons négligé dans cette traduction bien des notes renfermant un grand nombre de détails précieux ; la nécessité de nous limiter nous force à renvoyer à l'édition allemande le lecteur qu'intéresseraient des renseignements plus étendus.

Digitized by Google

C'est donc exclusivement une étude morphologique que je présente, où je n'aborde pas le côté physiologique. Que quelques points où mes études actuelles me mettaient en contradiction avec les données antérieures aient été traités avec plus de développement que les autres, c'est un fait qu'il me paraît inutile d'expliquer.

Les détails que je donne sont presque tous le résultat de recherches personnelles sur les Algues vivantes. Dans un très petit nombre de cas seulement, pour lesquels je n'ai pu me procurer les espèces vivantes, je me suis appuyé sur des documents antérieurs, et toujours j'ai nommé l'autorité sur laquelle je m'appuie. Je n'ai pas cru nécessaire pourtant de séparer complètement mes observations personnelles, ce qui aurait étendu d'une manière excessive les limites de mon Mémoire.

J'ai du reste l'intention de publier ultérieurement une étude morphologique plus détaillée des corps colorés considérés séparément dans chaque groupe, comme elle a été faite déjà pour les Conjuguées et les Bacillariées dans les mémoires de de Bary et de Pfitzer.

Chromatophores et « Chlorophylle amorphe ». — De Bary divise aujourd'hui[1] les Algues en Cyanophycées ou Phycochromacées, Chlorophycées, Phæophycées (ou Mélanophycées) et Rhodophycées ou Floridées. Il ne sera pas question ici des Cyanophycées, qui paraissent devoir être réunies d'une façon bien naturelle aux Schizomycètes et former avec elles une division particulière des Thallophytes. Les trois autres groupes ne sont pas seulement limités par leur coloration ; c'est là un caractère très commode dans la pratique, mais qui n'est pas infaillible. Ainsi, les espèces rouges de *Porphyridium* appartiennent pourtant aux Chlorophycées, les Bangiacées rouges ou brunes aux Chlorophycées, les espèces brunes de *Nemalion* aux Rhodophycées, les Bacillariées brunes aux Chlorophycées, les *Batra-*

[1] De Bary ; *Bot. Zeit.*, 1881, pag. 3 et suiv.

Digitized by Google

chospermum et les *Chantransia* verts aux Rhodophycées, etc.

La coloration de toutes ces algues est déterminée par des parties individualisées du protoplasma, colorées de différentes teintes vertes, rouges ou brunes, et portant les noms de corps chlorophylliens, d'Érythrophylle, etc., qu'on résume quelquefois sous le nom unique d'Endochrome. Ces corps colorés ont d'ailleurs les uns avec les autres les analogies morphologiques les plus étroites et ne se distinguent que par la teinte qu'ils prennent. Il serait donc légitime de les comprendre tous sous le nom de *Chromatophores*. Les Chromatophores peuvent être distingués, suivant leur coloration, en *Chlorophores*, *Érythrophores*, *Phæophores* ou *Mélanophores*, suivant qu'ils doivent cette coloration à la chlorophylle, à l'érythrophylle, etc.

Les algues possèdent toujours des chromatophores morphologiquement définis; c'est aujourd'hui leur principal caractère commun. Toutes les algues ont dans les cellules de leur thalle des organes nettement limités et de forme déterminée que la chlorophylle imprègne. Cette matière colorante n'est jamais uniformément répandue dans le protoplasma des cellules d'algues.

Ce point est en contradiction avec l'opinion prédominante : on attribue jusqu'ici à un grand nombre d'algues vertes un protoplasma uniformément coloré en vert, ou, suivant l'expression adoptée, «de la chlorophylle amorphe». C'est dans ce protoplasma uniformément coloré en vert qu'on prétend rencontrer quelquefois des chromatophores définis dont on a aussi constaté l'absence complète. Les recherches étendues que j'ai poursuivies sur le seul groupe des algues vertes d'eau douce et marines, me font combattre cette manière de voir. Dans toutes les algues vertes que j'ai étudiées (et le nombre en est considérable), j'ai toujours trouvé des chromatophores définis, jamais de chlorophylle amorphe. D'ailleurs, surtout dans les cellules qui s'accroissent rapidement, les chlorophores sont souvent très petits et faiblement colorés, de sorte que leur contour est difficilement observé, qu'il faut, pour le suivre, s'aider de grossissements puissants et pénétrants. Il arrive aussi que les cellules soient si rem-

Digitized by Google

plies de grains d'amidon, de gouttes d'huile ou d'autres matières grasses, etc., que les contours des chlorophores en sont complètement cachés et deviennent méconnaissables (c'est le cas habituel pour les cellules à végétation lente et pour celles qui ont passé à l'état de repos). J'ai pu pourtant, par un examen attentif, reconnaître dans les cellules de toutes les algues vertes des chlorophores bien délimités et de forme définie à l'intérieur d'un protoplasma incolore. La bibliographie nous fournit sur ce fait les données les plus contradictoires; le nombre des exemples cités est si grand que je ne puis avoir la pensée de généraliser mes observations ni de les étendre à toutes les plantes que je n'ai pu me procurer vivantes.

Je dois mentionner spécialement ici quelques genres de Chlorophycées chez lesquelles on décrit ordinairement un *contenu cellulaire* complètement ou au moins en partie coloré en rouge. On trouve un « contenu cellulaire » de cette nature dans les genres *Chroolepus*, *Hæmatococcus*, et dans quelques espèces d'autres genres (*Pleurococcus miniatus*, *Palmella miniata*, d'après Nægeli). Ce contenu cellulaire, plus ou moins complètement coloré en rouge, doit dans tous les cas sa coloration à des sphérules de matière protoplasmique rouge, pour laquelle Cohn a proposé le nom d'*hématochrome*. Ces sphérules rouges remplissent plus ou moins la cellule, recouvrent en partie ou complètement les chromatophores verts et les rendent invisibles. Les chlorophores définis n'en existent pas moins chez les *Chroolepus* et les *Hæmatococcus*; cultivés dans des conditions favorables et débarrassées par la culture même de la plus grande partie des sphérules rouges, on y reconnaît facilement les chlorophores. Dans le *Chroolepus*, ils sont petits, discoïdes, réunis en grand nombre sous forme de couche pariétale; dans l'*Hæmatococcus* au contraire, on ne voit qu'un seul chromatophore en forme de disque creux, appliqué contre la membrane. Dans les deux cas, il y a donc des chromatophores bien définis, au milieu du « contenu cellulaire rouge ».

On n'a soutenu jusqu'ici dans aucun cas, que je sache, l'exis-

Digitized by Google

tence d'un contenu protoplasmique uniformément coloré chez les Phæophycées ; je n'en ai moi-même observé dans aucun cas. Partout, que les cellules soient végétatives ou reproductrices, qu'elles végètent activement ou qu'elles soient au repos, je les ai toujours trouvées pourvues de chromatophores bien délimités.

Parmi les Rhodophycées, on a signalé çà et là quelques plantes dont le contenu cellulaire est uniformément coloré. Malgré toutes mes recherches, je n'ai pu pourtant trouver une seule Florideé dont le contenu soit coloré autrement que par des érythrophores de forme définie. La question n'est pas toujours facile à résoudre : les spores et les cellules durables des Floridées se remplissent habituellement de gouttelettes grasses et de granules de toute sorte, comme celles des Chlorophycées et des Phæophycées, de sorte que le «plasma à grosses granulations » paraît teinté uniformément. Une observation plus attentive m'a permis pourtant de reconnaître dans tous les cas les chromatophores définis à l'intérieur du protoplasma incolore des Rhodophycées.

Contrairement à ce qu'on observe chez ces vraies algues, les Phycochromacées, qu'on a l'habitude de faire aussi rentrer dans ce groupe, manquent complètement de chromatophores définis. Chez ces Thallophytes, tout le protoplasma des cellules est en général coloré, quelquefois d'une façon intense, quelquefois très faiblement. Leur coloration passe d'ailleurs par toutes les nuances du vert bleu, du bleu, de l'orangé, du rouge, du jaune, etc., présentant aussi fréquemment les teintes qu'on rencontre d'habitude chez les vraies algues. Jamais on n'y a reconnu l'existence de chromatophores définis, pas plus que d'un noyau. L'ensemble du protoplasma remplit ici les fonctions qui, dans les vraies algues, sont dévolues aux éléments différenciés du protoplasma, le noyau et les chromatophores.

Forme des chromatophores. — Les chromatophores se trouvent dans les cellules des algues, tantôt à l'état isolé, tantôt en grand nombre. Leur forme est très variable suivant les différents groupes et d'un genre à l'autre. Leur forme et leur existence à

Digitized by Google

l'état isolé ou en grand nombre dans une même cellule sont constantes et bien déterminées pour chaque espèce.

Les formes les plus simples des chromatophores sont représentées par de petits disques aplatis, à contour arrondi ou irrégulièrement anguleux. On les trouve avec des dimensions et une forme variables chez les Characées, les Siphonées (*fig.* 21), les Dasycladées, la plupart des Siphonocladées (*fig.* 15), beaucoup de Bacillariées (*fig.* 8), et des genres isolés d'autres groupes de Chlorophycées, tels que *Microspora*, *Chroolepus*, *Oocystis*, etc.; dans le plus grand nombre des Phæophycées (Dictyotées, Fucacées, Cuttlériacées, Laminariées, Sphacélariées, Chordariées et beaucoup d'autres Phæosporées); dans de très nombreuses Rhodophycées des familles les plus différentes (*Nitophyllum*, *Griffithsia*, *Bornetia*, *Spermothamnion*, des espèces de *Callithamnion*, etc.).

C'est à ces formes les plus simples qu'il faut rattacher les petits chromatophores en plaques plus ou moins lobées qui prennent une forme très élégante; dans le genre *Podosira* par exemple (*fig.* 17), ils constituent le passage aux grands disques plats dont les bords prennent les formes les plus variées. Ils sont tantôt arrondis, tantôt allongés, tantôt plus ou moins rubanés. Tantôt le bord en est uni et marqué par une ligne ininterrompue, tantôt il est lobé ou déchiqueté de la façon la plus variée; les formes rubanées s'étendent en un plan, ou bien elles sont recourbées et tordues de façons diverses. Dans l'intérieur de la cellule, ces plaques et ces rubans, quelle que soit leur forme, s'adaptent le plus souvent aux courbures de la paroi cellulaire, contre la face interne de laquelle ils sont appliqués.

Les exemples de toutes ces formes sont nombreux dans les groupes d'algues les plus différents. Je ne veux ajouter sur ce point que quelques détails.

Une grande plaque s'étend à plat dans toute l'étendue de la cavité cellulaire des *Nitzschia*, *Mesotænium*, *Mesocarpus* (*fig.* 3) etc. Parmi les algues vertes, on trouve très communément une seule plaque à bords diversement lobés, qui se recourbe pour obéir

Digitized by Google

aux courbures de la paroi, tandis que ses bords s'étendent plus ou moins sur les faces latérales de la cellule. On trouve de ces plaques appliquées contre la paroi externe de la cellule dans les *Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Coleochæte*, du côté supérieur des cellules cylindriques dans les filaments rampants des *Aphanochæte*, etc. Elles sont appliquées d'un seul côté de la cellule dans beaucoup d'*Ulothrix*, tandis que dans quelques espèces de ce genre, notamment dans *U. zonata*, elles occupent presque toute la face interne de la paroi et forment presque un anneau complet. Il arrive souvent qu'elles forment un anneau complet dans la cellule, que leurs bords diversement lobés s'anastomosent, que les disques s'accouplent et forment une sorte de réseau. Ces divers états se présentent dans les *Draparnaldia* (*fig.* 13), *Chætophora*, *Stigeoclonium*, *Gongrosira*, *Ochlochæte*, *Œdogonium*, (*fig.* 5, 6), *Pediastrum*, etc. Le cas d'une seule bande rubanée s'appliquant étroitement contre les côtés du cylindre cellulaire est plus rare ; il se présente notamment chez les *Spirotænia* et beaucoup d'espèces de *Spirogyra* (*fig.* 4). Au lieu d'une seule plaque, il peut s'en trouver plusieurs disposées d'ailleurs en anneaux ou en rubans, comme dans les cas précédents. Tels sont les *Sphæroplea*, *Urospora* (*fig.* 18), diverses espèces de *Spirogyra*, etc. — Des chromatophores isolés ou multiples en plaques ou en disques, mais de dimensions relativement grandes et de formes très variées, existent chez les Bacillariées, notamment parmi les Naviculées, les Cymbellées, les Gomphonémées. On trouve aussi des chromatophores en plaques chez beaucoup de Chrysomonades que la plupart des auteurs rangent parmi les Flagellates.

Les grands chromatophores en disques sont relativement beaucoup plus rares chez les Algues brunes et rouges que chez les Chlorophycées. Chez les Phæophycées et les Rhodophycées, on rencontre presque uniquement les formes étroitement rubanées multiples qui s'appliquent contre la paroi cellulaire. Les grandes plaques uniques y sont très rares (*Nitophyllum*). Les étroits rubans ordinairement un peu tortillés sont ordinaires contre les parois latérales des cellules cylindriques, dans beaucoup d'espèces

Digitized by Google

d'*Ectocarpus*, de *Ceramium*, de *Callithaminon* (*C. plumula*). Dans les Floridées, qui ont au contraire un thalle épais, les plaques lobées et les rubans s'étendent contre la face supérieure des cellules, qui forment la surface externe du thalle et débordent plus ou moins sur les faces latérales (*Cruoria*, *Petrocelis*, et beaucoup d'autres Floridées.

Les disques et les plaques minces appliquées contre les parois ont des formes propres caractéristiques de chaque genre, surtout parmi les algues vertes. On voit par exemple les chromatophores pariétaux réticulés pousser dans l'intérieur de la cavité cellulaire des prolongements qui s'anastomosent avec leurs voisins. Sous une forme simple, c'est le cas des *Conferva* ; mais cette forme est bien plus développée chez le *Codiolum gregarium*, où les prolongements partant de la paroi vers l'intérieur forment un véritable réseau. Cette même disposition, plus ou moins accentuée, n'est pas rare chez les grandes algues Protococcacées unicelluaires, comme dans le *Chlorochytrium Lemnæ* et l'*Endosphæra*.

Les chromatophores des Siphonocladées ont des formes très particulières. Chez quelques espèces, chez le *Cladophora arcta* des mers du Nord (*fig.* 7), par exemple, le chromatophore constitue une plaque unique pariétale en forme de cylindre creux et souvent interrompue. Chez d'autres espèces de *Cladophora*, le chromatophore est bien plus réticulé et lobé ; mais, en outre de la lame pariétale, partent des prolongements étroits ou larges qui traversent la cavité cellulaire et la remplissent d'un réseau à grandes mailles. Chez de très nombreuses Siphonocladées (*Cladophora*, etc.), ce réseau paraît fragmenté (*fig.* 15) en une foule de petites plaques anguleuses qu'on reconnaît pourtant pour constituer dans leur ensemble un système correspondant à la plaque interrompue des autres *Cladophora*. Ces petites plaques se forment par la fragmentation de la lame primitive pendant l'accroisssement. Il arrive même chez beaucoup d'espèces (*Chætomorpha*, *Valonia*, etc.) que cette fragmentation de la lame soit très lente ou ne se produise pas du tout d'un côté d'une cellule, dans laquelle on voit sur un autre point de nombreuses petites

Digitized by Google

plaques ; si la fragmentation de la lame pendant l'accroissement cesse complètement, on se rapproche du *C. arcta*, que je signalais en premier lieu ; si au contraire la fragmentation est très régulière, elle a pour résultat la formation d'un grand nombre de petites plaques de différentes grandeurs, qui ont été observées dans les cellules de la plupart des Siphonocladées (*Valonia*, (*fig.* 15), *Siphonocladus*, *Microdictyon*, *Anadyomene*, *Chætomorpha*, beaucoup de *Cladophora*) ; elles sont alors, suivant les cas, disposées seulement contre la paroi de la cellule, ou bien s'étendent sous forme de cordons et de rubans dans l'intérieur de la cavité.

Beaucoup de Chlamydomonades, de Volvocinées, de Palmellacées, etc., présentent une autre déviation des chromatophores qui viennent d'être décrits. Le chromatophore disciforme, subissant la forme arrondie de la cellule entière, se creuse en section de sphère, de manière à prendre la forme d'un verre de montre, d'un bol, parfois même d'une sphère ouverte seulement d'un côté par une petite cannelure (*Palmophyllum flabellatum*). Ces chromatophores se trouvent chez beaucoup d'espèces de *Pleurococcus*, *Palmella*, *Palmophyllum*, *Glœocystis*, *Tetraspora*, *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Eudorina*, etc.

La forme du chromatophore est bien plus compliquée encore lorsque, en outre des filets rubanés qui naissent des bords de la plaque, il s'en développe aussi à la face interne de la lame. Il n'est pas rare de trouver de pareils prolongements formant une arête médiane à la face interne du chlorophore des *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Mesotænium*. Ils y viennent en quelque sorte doubler l'étendue du chlorophore. Lorsque plusieurs bourrelets de ce genre courent parallèlement le long de la ligne médiane du chlorophore, la forme de l'ensemble du corps vert en devient un peu différente (*Micrasterias*). Le développement de ces bourrelets, en s'exagérant, efface parfois la forme primitive du chlorophore. Il paraît formé alors de plaques parallèles égales entre elles, réunies par une arête commune, ou d'un axe fusiforme d'où rayonnent vers l'extérieur de nombreuses plaques parallèles.

Digitized by Google

On connaît depuis longtemps des chromatophores ainsi constitués chez les *Closterium* et *Penium*.

A ce type se rattachent une foule de formes variées qu'on rencontre chez les Desmidiées. Partout le chlorophore s'y compose d'un axe médian court ou allongé, sur lequel s'appuient des plaques de formes diverses, le plus souvent disposées symétriquement. L'axe est parfois si court qu'il en devient presque sphérique, tandis que des plaques ou des rubans en partent dans toutes les directions. C'est là le passage aux chromatophores étoilés des *Zygnema*, qu'on retrouve avec les mêmes caractères chez les *Zygogonium*, chez quelques espèces de *Palmogloea*, de *Cylindrocystis*, chez les *Schizogonium*, *Prasiola*, *Porphyridium* (*fig.* 23), et toutes les Bangiacées.

Avec une légère différence due à des prolongements rubanés d'inégale longueur, cette forme étoilée s'observe aussi dans les cellules ovales ou très allongées de quelques Chlamydomonades, Euglènes (*E. viridis*, *E. oxyuris*, *fig.* 19-20) et avec une configuration plus ou moins asymétrique dans les Rhodophycées des genres *Chantransia*, *Nemalion* (*fig.* 16), *Helminthora*, *Helminthocladia* (*fig.* 11-12), *Liagora*, c'est-à-dire chez toutes les vraies Némaliées. Dans quelques espèces de *Chantransia* (*C. corymbifera*, etc.), le développement asymétrique du chromatophore étoilé va si loin, que le corps du chromatophore est toujours placé contre l'un des côtés de la paroi cellulaire, tandis que ses prolongements s'étendent dans l'intérieur et vont se presser tous ensemble contre la paroi opposée. Ils forment ainsi une plaque en forme de cylindre creux, épaissie d'un côté. Le *Licmophora flabellata* (*fig.* 1 et 2) et quelques autres Bacillariées marines représentent des formes très réduites de ce type, constituées par deux plaques réunies par une partie centrale arrondie.

Les Bacillariées du groupe des Tabellariées (*Striatella*, *Rhabdonema*, *Hyalosira*, etc.) ont des chromatophores particuliers que je décrirai en prenant pour exemple le *Striatella unipunctata* (*fig.* 26). Les cellules de cette algue, très aplaties, coupées à angle droit, renferment deux chromatophores étoilés appuyés contre

Digitized by Google

le noyau situé au centre de la cellule. Ils sont formés d'une partie centrale hémisphérique aplatie sur la face qui regarde le noyau; du bord arrondi, au contraire, rayonnent un grand nombre de prolongements qui se répandent en deux groupes de chaque côté de la cellule. Le noyau est normalement enclavé entre les deux chromatophores, qui dans leur ensemble ont la forme d'une étoile coupée en deux par le milieu. Chacune de ces deux moitiés d'étoile peut être d'un côté ou de l'autre, quelquefois des deux côtés à la fois, coupée elle-même par son milieu perpendiculairement à la division normale. On a ainsi des quarts d'étoile séparés par le noyau placé au point où viendraient se réunir tous les rayons. Cette multiplication du chromatophore peut aller plus loin encore, si bien que les parties les plus petites résultant de cette fragmentation peuvent ne présenter que 1 à 3 rayons. Les autres espèces de Tabellariées ont des chromatophores analogues à ceux-ci, n'en différant que par des détails de forme.

Régularité de la forme et de la disposition des chromatophores. — Si maintenant la forme des chromatophores présente une grande diversité dans les divers groupes d'algues, cette forme n'en est pas moins toujours constante pour chaque espèce. D'ailleurs l'aspect des chromatophores jeunes diffère souvent beaucoup de celui qu'ils présentent dans les cellules âgées; ceux des cellules qui s'accroissent rapidement semblent au premier abord tout différents de ceux des cellules à végétation lente: mais il ne s'agit ici que de différences secondaires dans la forme d'un corps qui ne se modifie pas dans ses caractères essentiels. Ce sont de ces différences telles qu'il en survient aussi dans d'autres parties de la cellule, au cours du développement ou sous l'influence de diverses conditions extérieures. La forme essentielle du chromatophore échappe à cette influence. Elle est au contraire fixe pour chaque espèce, et ses variations, qui dans quelques cas peuvent être assez étendues, sont toujours pourtant comprises entre des limites déterminées. La constance de la forme des chromatophores est si grande qu'elle est du

Digitized by Google

plus grand secours pour établir la caractéristique et les relations systématiques dans certains groupes, surtout lorsqu'il s'agit des genres.

L'arrangement et la distribution des chromatophores à l'intérieur de chaque cellule sont aussi constants que sont grandes leurs variations, si on les compare dans des groupes différents. Chez certaines formes d'algues unicellulaires surtout, les chromatophores occupent tout le milieu de la cellule, de façon à être influencés par la lumière avec la même facilité de tous les côtés (*Porphyridium*, nombreuses Desmidiées, *Nitzschia*, *Mesocarpus*, *Zygnema*, Bangiacées, etc.). Chez le plus grand nombre des algues cependant, les chromatophores sont disposés en couche pariétale et occupent la face de la cellule qui est le plus facilement exposée à l'influence de la lumière. Chez les algues unicellulaires, ils tapissent alors habituellement toute la surface de la cellule (*Eremosphæra*, *Podosira*, *Tricerattium*, *Halosphæra*, etc.) ; chez les algues multicellulaires, elles s'appliquent plus ou moins complètement sur la face superficielle et ne s'étendent sur les autres faces que par suite d'un accroissement exceptionnel (*Spermothamnion*, *Cruoria*, *Petrocelis*, etc.). Les chromatophores, chaque fois du moins qu'ils existent en grand nombre, sont disposés dans cette couche pariétale, tantôt groupés irrégulièrement, tantôt en ordre régulier, alors parfois en séries parallèles (Characées), parfois en chaînes réticulées (cellules médullaires de l'axe des *Laurencia*, etc.), ou réunis en masses serrées formant les courbes les plus élégantes (*Griffithsia*, *Dasya* et les autres Floridées à nombreux petits chromatophores disciformes). Enfin, dans le plus grand nombre des cas, la position des chromatophores est relativemennt fixe dans chaque cellule. Chez quelques algues seulement, leur position est indéterminée ; on les voit même, dans les grandes cellules cylindriques des Siphonées, changer de place continuellement, de la façon la plus irrégulière (*Codium*, etc.).

On sait que dans bien des cas les noyaux des cellules d'algues présentent dans leur disposition une régularité analogue. Si, dans de pareilles cellules, les chromatophores ont aussi une position

Digitized by Google

régulière et fixe, il faut naturellement qu'entre les noyaux et les chromatophores on reconnaisse une relation régulière. C'est ainsi, on le sait, que les chromatophores et les noyaux sont toujours très régulièrement groupés les uns par rapport aux autres dans beaucoup de Desmidiées et de Zygnémées (*Mesocarpus*, *Zygnema* (*fig.* 27), *Zygogonium*) ; il n'est pas rare, en outre, de trouver dans d'autres cellules d'algues le noyau associé d'une façon constante à un gros chromatophore isolé, chez le *Palmophyllum flabellatum* par exemple, dans la petite dépression du chromatophore sphérique (voyez aussi la *fig.* 23) ; ou bien les nombreux noyaux se distribuent régulièrement dans la couche protoplasmique, à la face interne de la couche des chromatophores (*Valonia*, *Siphonocladus*, *Bornetia*, *Spermothanimon*, etc.). La comparaison des différents cas ne permet pas de méconnaître qu'il existe le plus souvent une certaine dépendance entre les deux éléments dont il est ici question, que la position du noyau à l'intérieur de la cellule est nettement déterminée par la position des chromatophores (c'est ce que montrent d'une façon particulièrement nette les grandes cellules âgées de *Valonia*, *Siphonocladus* et d'autres Siphonocladées, les cellules de *Laurencia* et d'autres Floridées qui ont une couche de chromatophores réunis en réseau ; les nombreux noyaux y sont presque toujours logés sur la face interne des nœuds du réseau). Quant aux chromatophores, leur position est déterminée surtout par la pénétration de la lumière.

Le rapport que je viens de signaler entre les noyaux et les chromatophores n'est pourtant pas constant ; aux exemples de relation évidente entre ces deux éléments, on pourrait en opposer d'autres chez lesquels elle n'existe pas du tout : les cellules végétatives des Characées, par exemple.

SITUATION DES CHROMATOPHORES A L'INTÉRIEUR DU PROTOPLASMA. — Ces chromatophores sont placés dans le protoplama de telle sorte qu'ils y sont complètement inclus et entourés par lui. (Voy. Hofmeister, Pflanzenzelle, pag. 367.) Nulle part ils ne sont appliqués directement contre la paroi de la cellule ; jamais non plus

Digitized by Google

on ne les rencontre au voisinage immédiat des grandes vacuoles ou de la cavité cellulaire, mais toujours ils sont inclus dans la couche protoplasmique, si mince qu'elle soit.

C'est un fait qu'on peut établir facilement et d'une façon incontestable dans des cas très nombreux (dans les Characées par exemple) ; mais il ne manque pas non plus d'exemples où il est difficile de prouver l'existence d'une couche protoplasmique incolore à la surface des chromatophores. On a fréquemment signalé chez quelques algues, notamment chez les *Spirogyra*, le contact direct entre le chromatophore spiralé et la face interne de la membrane cellulaire, ou même la cavité de la cellule. Une étude plus attentive des plantes où à première vue les chromatophores paraissent libres vis-à-vis du protoplasma, m'a donné l'assurance qu'alors même les chromatophores sont complètement entourés d'une couche de protoplasma qui peut être très mince.

C'est pour les cellules mobiles ou immobiles des Protococcacées. des Palmellacées, etc., telles que *Chlamydomonas*, *Tetraspora*, que j'ai éprouvé le plus de difficulté à résoudre la question. Les chromatophores y ont la forme d'un verre de montre ; la couche protoplasmique qui les entoure est assez mince pour n'apparaître nettement que chez des individus particulièrement favorables à l'observation. Chez quelques-unes de ces formes à cellules sphériques, où la réfraction de la partie extérieure donne si facilement lieu à des illusions, j'ai hésité longtemps avant de me convaincre de la présence de la couche protoplasmique autour du chromatophore. Dans quelques autres, je ne puis même affirmer l'avoir vue réellement ; je crois pourtant qu'alors même je puis, par comparaison avec les plantes voisines, admettre que la couche protoplasmique hyaline existe toujours autour du chromatophore, comme Hofmeister l'a fait lui-même. (Pflanzenzelle, pag. 363.)

Chez le plus grand nombre des algues au contraire, la face interne de la cellule est tapissée d'une couche hyaline de protoplasma facilement reconnaissable. Sur des échantillons durcis, on lui reconnaît le plus souvent une structure finement réticulée,

Digitized by Google

très élégante, chez les *Bryopsis* notamment. Les chromatophores sont habituellement disposés de telle façon qu'ils ne paraissent libres que du côté interne, au contact de la cavité cellulaire, qu'ils semblent limiter directement. Tous les groupes d'algues en présentent de nombreux exemples. Suivant l'épaisseur plus ou moins grande des chromatophores, ceux-ci paraissent s'avancer librement jusque dans une partie plus ou moins profonde de la cavité cellulaire (disposition frappante chez le *Bryopsis plumosa* et l'*Urospora mirabilis*). Par contre, chez la plupart des Floridées, les disques si délicats qui constituent les chromatophores apparaissent tout au plus comme un léger épaississement de la couche protoplasmique pariétale. Je crois pourtant pouvoir affirmer, chez toutes ces plantes, l'existence constante d'une légère couche protoplasmique autour des chromatophores.

Dans beaucoup de cas, on peut se rendre compte bien facilement de son existence. Il suffit de tuer de grandes cellules de Floridées, telles que les *Bornetia*, *Griffithsia*, etc., dans l'eau douce, pour observer la couche qui y limite intérieurement le protoplasma pariétal et en forme un tout intimement uni. Dans l'*Urospora mirabilis*, on peut voir aussi sans difficulté cette couche à la face interne des chromatophores rubanés et passablement épais, soit dans les points où sont logés les noyaux, soit aux points d'où se détachent les filets protoplasmiques libres, qui forment un réseau périphérique autour de la cavité de la cellule. Dans les cellules de *Spirogyra*, on la voit aussi nettement là où de la bande verte partent les filets protoplasmiques qui retiennent le noyau. Ces filets s'élargissent, en effet, en se rapprochant du chromatophore et s'étalent à leur point d'insertion en une mince couche hyaline que l'on reconnaît assez bien en d'autres points, grâce aux granules et aux gouttelettes qu'elle renferme. C'est de la même manière qu'on peut voir la couche hyaline autour du chromatophore des *Mesocarpus*, là où elle renferme de nombreuses gouttelettes. D'une façon générale, partout où des filets protoplasmiques partent de la couche hyaline, partout où elle renferme des granules ou des gouttelettes, son existence peut être

Digitized by Google

reconnue sans trop de difficulté. Mais lorsque ces points d'arrêt manquent, la couche hyaline devient très souvent fort difficile à voir, surtout sur des sujets durcis dont les chromatophores se colorent comme le protoplasma. Dans ces conditions, il m'a parfois été impossible de la reconnaître, par exemple dans les cellules tubulaires des *Bryopsis*. C'est par l'analogie avec les cas où l'observation a été faite, et ils sont très nombreux, que je crois pouvoir conclure à son existence générale. Au moins n'ai-je pu dans aucun cas établir qu'elle n'existe pas.

Dans les cellules dont le centre est occupé par une large cavité, les chromatophores, je l'ai dit, s'avancent habituellement plus ou moins vers l'intérieur ; mais les filets protoplasmiques qui traversent la cellule ou qui forment un réseau périphérique plus ou moins appliqué contre la couche pariétale se détachent de préférence de ces chromatophores proéminents, c'est-à-dire de la couche hyaline qui les entoure (*Spirogyra*, *Pleurotænium*, *Urospora*, *Chætomorpha*). Ailleurs, ce lacis de filets protoplasmiques a un développement très faible ; les mailles en deviennent très étroites, les filets eux-mêmes, très minces et délicats, visibles seulement sur des sujets durcis ; ils ne paraissent être en somme que des fibrilles du protoplasma plus solides que celles qui s'étendent entre les différents chromatophores dans la couche protoplasmique pariétale. Il arrive encore que, sur des éléments durcis, il ne soit plus possible de distinguer ces fibrilles de la couche protoplasmique pariétale, et qu'ils semblent être un réseau directement appliqué contre elle. C'est ainsi que se comportent beaucoup d'algues dans lesquelles il y a de nombreux petits chromatophores disciformes dans une couche pariétale de protoplasma (*Vaucheria*, *Botrydium*, *Valonia* (*fig.* 15), *Plocamium*, etc.). On y voit, sur les bords des chromatophores, de petits prolongements ou des pointes d'où partent des fibrilles protoplasmiques (*fig.* 13). Ailleurs, on voit (sur des sujets durcis) les fibrilles de l'étroit réseau protoplasmique prendre naissance au contact des chromatophores (*Callithammon plumula*, *Dasya squarrosa*, etc.), ou bien ceux-ci paraissent simplement baignés

Digitized by Google

dans un protoplasma finement ponctué ou homogène en apparence (*Nitophyllum*, *Delesseria*, etc.).

Structure intime des chromatophores. — A côté du développement si varié des formes extérieures dont il a été exclusivement question dans les pages qui précèdent, nous devons insister sur la remarquable unité de structure des chromatophores. A l'état vivant, la plupart des chromatophores, qu'ils soient verts, rouges ou bruns, paraissent complètement homogènes et dépourvus de structure interne particulière, même aux plus forts grossissements. Quelquefois pourtant on peut saisir sur le vivant une fine structure interne. L'emploi de l'objectif à immersion dans l'huile 1/12 de Seibert m'a fait voir, par exemple dans le *Spirogyra majuscula*, que toute la masse des chromatophores vivants est très nettement granuleuse. Leur substance colorée en vert brillant était parsemée de points plus sombres. La masse entière des chromatophores paraissait traversée par des pores très étroits ou très finement réticulée.

Mais une structure intime plus délicate apparaît bien plus nettement sur les chromatophores morts. Si on les tue au moyen d'une solution concentrée d'acide picrique, qui, l'observation directe l'apprend, respecte d'ordinaire, à peu près sans en modifier la forme, les caractères les plus délicats que l'on puisse reconnaître dans la structure du protoplasma, les plus fins trabécules, etc., les chromatophores durcis ne sont pas modifiés dans leur forme générale, mais leur structure intime est devenue bien plus reconnaissable qu'auparavant. Dans beaucoup de cas d'ailleurs, même après ce traitement, toute la masse interne paraît encore dense et homogène, quoique terne et opaque (les petits chromatophores discoïdes des Floridées: *Griffithsia*, *Spermothamnion*, *Callithamnion*, *Dasya*, *Nitophyllum*, *Delesseria*, *Chrysimenia*, etc., des *Halopteris*, *Botrydium*, *Vaucheria*, etc.). Dans d'autres cas, le traitement par l'acide picrique permet de reconnaître, au moyen de l'objectif à immersion dans l'huile 1/18, la masse fondamentale du chromatophore finement ponctuée (*Va-*

Digitized by Google

lonia macrophysa, *Ceramium fastigiatum*, *Plocamium coccineum*, *Polysiphonia*, etc.); ou bien cette ponctuation, devenant plus marquée, donne à tout le chromatophore un aspect plus ou moins finement poreux et réticulé : c'est ce qu'on voit d'une façon très claire sur les grands chromatophores discoïdes (*Nitophyllum Gmelini*, *Liemophora flabellata*, *Cocconeis*, *Mesocarpus*, *Spirogyra*, etc.), et de telle sorte que tantôt ils témoignent une structure uniforme dans toute leur étendue, que tantôt ils paraissent en certaines places plus nettement réticulés que dans d'autres régions. Ainsi, le plus souvent, mais pas toujours, les lobes marginaux des rubans chlorophylliens sont visiblement plus épais que les autres parties du chromatophore ; dans la plaque chlorophyllienne des *Mesocarpus*, certaines places irrégulièrement distribuées peuvent être fréquemment distinguées par une ponctuation, plus fine du reste, du chromatophore marqué de grosses ponctuations ; ailleurs encore la ponctuation paraît beaucoup plus fine et plus abondante sur les bords du chromatophore qu'au milieu (*Cocconeis*). C'est sur les chromatophores durcis des *Bryopsis plumosa* et *Palmophyllum flabellatum* que j'ai observé avec une netteté vraiment remarquable la structure ponctuée, c'est-à-dire poreuse, finement réticulée ; cette dernière plante surtout me laisse à peine un doute au sujet de la structure spongieuse réticulée du chromatophore.

Si au contraire on emploie, pour tuer les cellules et durcir les chromatophores, d'autres réactifs qui exercent, l'expérience le montre, une action plus ou moins contractante sur le protoplasma, les filaments les plus déliés sont détruits, et, comme Pringsheim le décrivait il y a peu de temps, les chromatophores prennent une structure grossièrement réticulée et distinctement spongieuse. C'est ce qui arrive quand on fait agir l'alcool, l'acide chlorhydrique, l'acide acétique, l'hydrate de chloral, etc. ; lorsqu'on emploie, en un mot, beaucoup de réactifs de diverse nature qui amènent la mort et la coagulation lentes du protoplasma tout entier.

Par l'action de presque tous ces réactifs, les couleurs des chromatophores sont plus ou moins changées, et le plus souvent tout

Digitized by Google

à fait détruites par un contact prolongé. Il ne reste alors que la substance fondamentale incolore du chromatophore. D'un autre côté, on peut, au moyen de l'alcool, enlever au chromatophore vivant une matière colorante et ne lui laisser ainsi que la substance fondamentale incolore. Dans le chromatophore primordial, il faut distinguer deux parties essentielles : d'un côté la solution colorante, et de l'autre la matière fondamentale incolore, qui à l'état vivant est pénétrée et colorée par la première.

L'action des différents réactifs que j'ai nommés fait apparaître dans la substance fondamentale les apparences qui viennent d'être décrites et témoigne de leur structure primitive très délicate. Parmi les réactifs, les uns (alcool, acide chlorhydrique, acide acétique, hydrate de chloral) font subir au protoplasma et à la cellule des modifications plus ou moins profondes, en détruisant plus ou moins les filets protoplasmiques délicats. Les chromatophores eux-mêmes peuvent être contractés ou détruits par ces réactifs. L'acide picrique conserve beaucoup mieux les formes du protoplasma et mérite à ce point de vue plus de confiance. La forme spongieuse que l'alcool, l'acide chlorhydrique, etc., donnent ordinairement aux chromatophores, ne me paraît pas devoir être considérée comme l'indication de la structure primitive des chromatophores vivants. Ces objets, durcis par l'acide picrique au contraire, me paraissent avoir conservé la structure originelle. L'étude de sujets traités par cet acide m'a montré que la substance fondamentale des chromatophores présente parfois une structure nettement réticulée, mais que, dans la majorité des cas, elle est simplement finement ponctuée. Les ponctuations sont, tantôt bien prononcées, tantôt très fines, tantôt à peine saisissables ; ailleurs même, il est jusqu'à présent impossible d'affirmer leur existence. Il me paraît très fondé de croire que l'apparence ponctuée tient en général à une structure réticulée très délicate, à mailles plus ou moins étroites, analogue à la structure réticulée qu'on observe fréquemment dans le protaplasma lui-même ; on peut aussi admettre que cette structure n'est indiquée parfois que par une très fine ponctuation.

Digitized by Google

Au point de vue chimique, la masse fondamentale des chromatophores paraît très voisine du protoplasma. Tous les réactifs colorants qui communiquent une coloration au protoplasma durci colorent de la même façon, mais plus vite et avec plus d'intensité, la masse fondamentale durcie des chromatophores ; c'est ce qui arrive aussi pour la masse fondamentale du noyau. La conformité des deux substances est le plus souvent si grande que la densité plus grande de la masse fondamentale des chromatophores est le seul caractère apparent qui la distingue du protoplasma qui l'environne. Cette différence de densité est du reste parfois si faible entre les deux substances qu'il est difficile de les distinguer l'une de l'autre sur les objets durcis : c'est le cas, par exemple, pour les cellules de méristème de grandes algues, comme des Characées. Dans ces cas-là, il ne m'a pas encore été possible le plus souvent de rendre les chromatophores visibles, parce que leur masse fondamentale se confond facilement avec le protaplasma environnant et se refuse à s'emparer d'une matière colorante qui agisse sur elle autrement que sur le protoplasma lui-même.

Il résulte de tous ces faits, que la masse fondamentale du chromatophore et le protoplasma sont deux substances très voisines. Je suis tout disposé à admettre que la première n'est qu'une partie du protoplasma différenciée dans ses formes en vue d'une nouvelle fonction physiologique, dont le squelette, pour ainsi dire, est formé d'un réseau rétréci et à densité plus grande.

Dans les cellules vivantes, il est rare que les chromatophores des algues soient formés d'une substance fondamentale complètement incolore : c'est le cas pour les cellules de méristème et pour les cellules sexuées de beaucoup de grandes algues ; il en sera question plus loin. De pareils chromatophores sont difficiles à reconnaître au milieu du protoplasma de la cellule vivante. Dans la grande majorité des cas, la masse fondamentale du chromatophore vivant est imprégnée par une solution de matière colorante, tantôt verte (Chlorophores des Chlorophycées), tantôt rouge cinabre (membrane des Anthérides des Characées), tantôt

Digitized by Google

jaune-brun (Bacillariées, Phæophycées), ou présentant des teintes diverses, rose, violette, rouge-bleu, etc. (Floridées, Bangiacées, *Porphyridium*, et d'autres Chlorophycées unicellulaires).

Cette solution de matière colorante peut être, on le sait, très facilement séparée du chromatophore vivant ou mort, par l'alcool, l'éther, etc., et partiellement même par l'eau chez les Floridées. Alors, comme généralement après la mort du chromatophore, elle se modifie et se décompose avec une grande facilité; mais, même au sein du chromatophore vivant, elle est fort sensible à l'action d'un éclairement intense, se modifie et se décompose très facilement par l'effet d'une lumière solaire éclatante. Cette propriété, que présente la solution colorée du chromatophore, de se transformer sous des actions très diverses, rend très difficile à résoudre la question de savoir si cette solution est simple, formée réellement d'une seule matière soluble, ou si elle est constituée par une solution de matière colorante dans une huile ou dans toute autre substance. Il n'est pas plus aisé de décider si cette matière colorante constitue une unité ou si elle est composée de plusieurs matières colorantes réunies. Quelle que puisse être la réponse à ces questions, la matière colorante des chromatophores forme un tout morphologique qui imprègne uniformément la substance fondamentale des chromatophores.

Le pyrénoïde. — En dehors de cette disposition plus ou moins nettement réticulée, beaucoup de chromatophores ne laissent apercevoir aucune autre particularité dans leur structure intime. Les chromatophores de la plupart des Floridées, de beaucoup de Bacillariées (toutes les formes d'eau douce observées jusqu'ici et beaucoup de formes marines, *fig.* 17), de quelques autres Chlorophycées des genres *Microspora*, *Oocystis*, *Chroolepus*, *Vaucheria*, *Derbesia* (*neglecta*), *Udotea*, *Halimeda*, *Codium*, *Botrydium*, etc., sont dans ce cas. Mais chez d'autres algues on trouve encore dans la masse fondamentale du chromatophore des corps particuliers isolés ou multiples, le plus souvent sphériques, qui y sont logés comme les nucléoles sont logés dans le noyau. Ces corps, qui sem-

Digitized by Google

blent représenter le noyau des chromatophores, seront désignés dans la suite sous le nom de Pyrénoïdes (de πυρηνν, noyau).

Des pyrénoïdes sous leur forme la plus simple apparaissent déjà dans le plus grand nombre des Bacillariées marines. Les chromatophores de l'*Achnanthes longipes* (*fig.* 8 et 9) forment de petits disques arrondis, avec un petit grain sphérique au milieu; sa réfringence plus grande le met nettement en évidence. Cependant cette même réfringence plus grande rend plus visibles encore les grains arrondis qui occupent chaque moitié des deux chromatophores du *Licmophora flabellata* (*fig.* 1 et 2). Dans l'un et l'autre cas, ils ont une forme complètement sphérique et sont formés d'une substance incolore, épaisse, réfractant fortement la lumière. On retrouve des pyrénoïdes ayant tous les mêmes caractères dans les deux chromatophores de l'*Achnanthes subsessilis* (*fig.* 10), dans les deux chromatophores de même forme chez beaucoup d'espèces d'*Homoiocladia* et d'*Eunotia* et chez d'autres Bacillariées marines; je n'ai observé jusqu'à présent de semblables formations parmi les espèces d'eau douce que chez le *Frustulia saxonica*. Les cellules du *Frustulia saxonica* renferment deux chromatophores de la forme de la plaque du *Licmophora flabellata*; ils n'y sont pas superposés, mais placés l'un à côté de l'autre.

C'est à ces formes les plus simples qu'il faut rattacher les chromatophores étoilés des *Porphyridium* (*fig.* 23) et de toutes les Bangiacées (*Bangia*, *Porphyra*, *Erythrotrichia*, *Goniotrichum*); tous ont au milieu un pyrénoïde épais arrondi. Les chromatophores excentriques étoilés des Némaliées (*Chantransia*, *Nemalion*, *Helminthocladia*, *Helminthora*, *Liagora*) présentent aussi un pyrénoïde sphérique de cette espèce, passablement gros, tandis que chez toutes les autres Floridées que j'ai étudiées je n'ai pu me convaincre positivement de l'existence de pyrénoïdes.

Il n'est pas rare que les pyrénoïdes des Némaliées dont je viens de parler présentent une complication particulière. Il se forme dans les cellules de ces plantes (*Nemalion*, *Helminthocladia*), comme chez la plupart des Floridées, et plus tôt ou plus tard, des

Digitized by Google

grains d'amidon de Floridées. Ces granules s'accumulent principalement tout autour du corps médian sphérique du chromatophore, en une couche serrée qui recouvre tout le pyrénoïde et que traversent seulement les prolongements rubanés qui rayonnent autour du chromatophore. Ces corps ont parfaitement l'aspect de ces amas de grains d'amidon qu'on rencontre si fréquemment chez les algues vertes, et dont nous parlerons en détail plus loin. Les choses se passent pourtant ici d'une autre façon qu'elles n'ont lieu pour les vrais amas d'amidon.

Nous devons mentionner d'une façon spéciale les chromatophores à forme toute particulière du *Striatella unipunctata* (*fig.* 26), dont la partie médiane renferme, non pas un, mais plusieurs pyrénoïdes en forme de coin, plus ou moins arrondis. Ils y sont habituellement très nombreux et serrés les uns contre les autres, de façon à remplir presque toute la cavité qui existe au milieu de la cellule, et à former une couche simple du côté externe arrondi. Lorsque les deux moitiés d'étoile sont régulières, ils se réunissent en corps à peu près hémisphériques; les deux chromatophores étoilés se développant simultanément à droite et à gauche; le noyau de la cellule se trouve bientôt complètement environné par les pyrénoïdes et comme emprisonné au milieu de la cellule. Lorsque les chromatophores ont la forme de quarts d'étoile ou lorsqu'ils sont irréguliers, les pyrénoïdes forment des groupes plus ou moins régulièrement condensés qui remplissent presque entièrement le milieu de chaque chromatophore et sautent aux yeux lorsqu'on étudie l'ensemble de la cellule.

Si l'on compare les algues chez lesquelles nous connaissons jusqu'à présent des pyrénoïdes, et qui toutes nous offrent diverses nuances du rouge et du brun, à l'ensemble des algues rouges et brunes, le nombre des premières est extrêmement faible. Les pyrénoïdes ont une importance bien plus grande dans le groupe des algues vertes. De toutes les algues vertes que j'ai étudiées, les chromatophores des *Microspora*, *Oocystis*, *Chroolepus*, *Vaucheria*, *Derbesia neglecta*, *Halimeda*, *Udotea*, *Codium* et *Botrydium* sont les seuls chez lesquels je n'ai pas trouvé de pyrénoï-

Digitized by Google

des. Chez tous les autres genres, les chromatophores renferment toujours un ou plusieurs de ces corps. Quand bien même les recherches ultérieures révéleraient que les pyrénoïdes manquent à bien d'autres algues vertes, et on peut prévoir qu'il en sera ainsi dans le groupe des Siphonées, le nombre des algues vertes possédant des pyrénoïdes est dès maintenant assez considérable pour qu'on puisse considérer leur présence comme très fréquente dans ce groupe.

Parmi les algues vertes présentant des pyrénoïdes, les Euglènes nous offrent immédiatement une particularité. Les chromatophores irrégulièrement étoilés de ces êtres, tantôt uniques (*E. viridis*), tantôt multiples (*E. oxyuris*), renferment à l'intérieur de leur partie médiane, irrégulièrement sphérique ou allongée, un seul pyrénoïde qui souvent tranche à peine sur la couche très mince de la substance environnante. Mais tout autour de la partie moyenne du chromatophore étoilé s'accumulent de nombreux granules de paramylon, en une couche sphérique semblable en tout à la couche d'amidon que nous signalions il n'y a qu'un instant dans les Némaliées (*fig.* 19, 20). Il y a donc, dans les Euglènes, l'apparence d'une formation d'amas d'amidon; mais en réalité, ces amas, tout comme les vrais grains d'amidon, manquent complètement aux Euglènes.

Les pyrénoïdes des Euglènes correspondent donc étroitement aux pyrénoïdes des algues rouges et brunes que nous avons étudiées précédemment. Dans la grande masse des autres algues vertes, les pyrénoïdes ont un développement plus complexe. Les pyrénoïdes, tantôt uniques, tantôt multiples dans chaque chromatophore, sont entourés et recouverts d'une couche de très petits granules d'amidon ; leur réunion constitue ce que l'on connaît depuis longtemps chez ces algues sous les noms de grains d'amidon, sphères d'amidon, amas d'amidon. Il est rare que les pyrénoïdes soient complètement nus ; ils apparaissent alors comme des grains arrondis, incolores, brillants au milieu de la substance verte des chromatophores. Cela n'arrive que pour des chromatophores dépourvus d'amidon, dans des conditions acci-

Digitized by Google

dentelles, comme par exemple dans des cultures défavorables (*Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Urospora* (*fig.* 18), *Draparnaldia*, *Valonia*, *Bryopsis* (*fig.* 21, etc.). Habituellement, on trouve dans la masse environnante du chromatophore des granules d'amidon formant autour du pyrénoïde une couche qui l'entoure complètement. Les granules d'amidon sont souvent très petits et réunis en une couche creuse (*fig.* 3, 4, 27, 22 *c*), ou bien ils sont plus volumineux et forment une couche épaisse autour du pyrénoïde (*fig.* 5, 22 *a*, *e*, *g*), ou bien ils se confondent les uns avec les autres (*fig.* 15).

Ces amas d'amidon se rencontrent dans le plus grand nombre des algues vertes, avec des différences de forme et de groupement qui sont devenues caractéristiques pour chaque forme. Ainsi, tous les chromatophores de *Bryopsis* et de *Derbesia* (*marina*) renferment des disques épais, petits, ovales, avec un amas d'amidon situé au milieu ; il arrive exceptionnellement que, par une lente division, il s'en produise 2, 3 ou 4. Les chromatophores en forme de mûres et isolés des *Chlamydomonas*, *Glœocystis*, *Tetraspora*, *Palmella*, et de beaucoup d'autres Palmellacées, portent aussi un amas médian d'amidon avec une enveloppe plus ou moins épaisse, quelquefois extrêmement mince et rudimentaire, manquant même parfois tout à fait. Je ne saurais décider encore si dans ces formes unicellulaires l'enveloppe de grains d'amidon peut ne se former jamais, si par conséquent le pyrénoïde y est normalement nu ; cela ne me paraît pas vraisemblable, bien que chez beaucoup de Palmellacées on trouve généralement les chromatophores nus. Les grands disques chlorophylliens des *Ulothrix* et des *Œdogonium* (*fig.* 6) renferment normalement un seul amas d'amidon médian, de même que la plupart des espèces d'*Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Coleochæte*, *Pediastrum*, etc. Au contraire, dans les grands chromatophores disciformes diversement lobés ou fragmentés des *Draparnaldia* (*fig.* 13), *Chætophora*, *Ochlochæte*, des grandes espèces d'*Ulothrix* et d'*Œdogonium* (*fig.* 5), dans les rubans étroits et les plaques de *Spirogyra* (*fig.* 4), de *Mesocarpus*, *Spirotænia*, *Pleurotænium*,

Digitized by Google

Urospora, on trouve ordinairement plusieurs amas d'amidon en nombre variable suivant les dimensions du chromatophore. Le passage des chromatophores disciformes pourvus d'un seul amas d'amidon à ceux qui en possèdent plusieurs, se rencontrent parmi les espèces d'*Ulothrix* et d'*Œdogonium* dont les filaments ont un diamètre très variable. Lorsque les cellules en sont étroites, les chromatophores ne renferment qu'un amas d'amidon ; lorsqu'elles sont plus grandes, ils en contiennent généralement plusieurs (*Ulothrix zonata*). Les chromatophores étoilés des Desmidiées et de beaucoup d'autres algues vertes ont aussi, tantôt un seul, tantôt plusieurs amas d'amidon logés à l'intérieur de la partie médiane arrondie ou fusiforme (*Zygnema* (*fig.* 27), *Zygogonium*, *Schizogonium*, *Prasiola*, *Hyalotheca* (*fig.* 22), *Bambusina*, *Desmidium*, diverses espèces de *Palmoglæa*, *Penium*, etc.).

Nous constatons dans tous les cas énoncés jusqu'ici une uniformité très grande dans l'arrangement et la distribution des amas d'amidon. Dans d'autres algues, là surtout où il y a de grands chromatophores disciformes, il ne semble pas que le nombre des amas d'amidon et leur distribution soient constants à l'intérieur des cellules d'une même plante (*Draparnaldia* (*fig.* 13), les plus grandes espèces d'*Œdogonium* (*fig.* 5), etc.). L'irrégularité est plus grande encore lorsqu'il s'agit de très grands chromatophores disciformes lobés ou fragmentés, munis de prolongements qui s'avancent vers l'intérieur de la cellule, comme ceux des *Codiolum*. On n'y trouve pas seulement de nombreux amas d'amidon régulièrement disposés dans les chromatophores pariétaux, mais disséminés aussi en grand nombre dans ses prolongements internes ; il en résulte pour le « contenu vert » une forme irrégulière et difficile à saisir.

Les chromatophores des Siphonocladées présentent une autre particularité. Quelquefois (*Cladophora arcta* (*fig.* 7), etc.), les cellules ne renferment qu'un seul chromatophore pariétal disciforme et le plus souvent fragmenté avec de nombreux amas d'amidon, tout comme chez les *Œdogonium* et *Codiolum* ; dans la majorité des espèces, on trouve de nombreux petits chroma-

Digitized by Google

tophores disciformes, le plus souvent en une couche pariétale simple, pouvant aussi s'étendre vers l'intérieur sous forme de filets ou de rubans. Ces chromatophores forment des disques à contours irrégulièrement anguleux, de dimensions très variables. Un certain nombre d'entre eux renferme un seul amas d'amidon, la majorité en est complètement dépourvue (*fig.* 15). Les chromatophores pourvus d'un amas d'amidon, dont le nombre est du reste variable, sont parfois régulièrement distribués dans l'ensemble (*Microdictyon*); parfois aussi il n'est pas possible de soupçonner la moindre régularité dans leur distribution.

Quels que soit la distribution et l'arrangement de ces pyrénoïdes avec leur amas d'amidon, on peut considérer que, presque sans exception, ils sont complètement incolores. La sphère d'amidon est formée de granules très serrés les uns contre les autres, et incolores, comme tous les grains d'amidon qu'on observe à l'intérieur des chromatophores. Le pyrénoïde lui-même est formé d'une substance incolore, épaisse, réfractant fortement la lumière; sa forme est sphérique.

Si l'on emploie de faibles grossissements, les pyrénoïdes paraissent colorés d'une façon plus intense que la masse environnante du protoplasma; c'est pour cela qu'on les a décrits le plus souvent chez les Chlorophycées comme des « sphérules de chlorophylle » qui constitueraient au milieu du protoplasma uniformément vert les véritables grains de chlorophylle de ces plantes. Une étude attentive au moyen de grossissements puissants montre seulement que les pyrénoïdes sont des corps sphériques incolores, formés d'une substance épaisse, très réfringente, brillante comme l'huile, logés dans la masse même des chromatophores verts, bruns ou rouges. Cela est toujours vrai, que le pyrénoïde soit nu ou qu'il soit entouré d'une enveloppe de grains d'amidon très réfringents eux-mêmes et tout à fait incolores; il n'y a pas le moindre doute sur ce point. L'observation avec l'objectif à immersion dans l'huile 1/12 montre très bien que les pyrénoïdes sont sphériques et incolores.

A cette règle générale, je n'ai trouvé jusqu'ici qu'une excep-

Digitized by Google

tion. Dans le *Porphyridium cruentum*, l'emploi des plus forts grossissements montre que le pyrénoïde logé au milieu du chromatophore rouge vif est lui-même très faiblement teinté de vert jaunâtre. Dans tous les autres cas, le pyrénoïde est parfaitement incolore.

La substance des pyrénoïdes paraît aussi complètement homogène quand on l'étudie dans des cellules vivantes. L'objectif à immersion dans l'huile 1/12 de Seibert ne m'a laissé reconnaître aucun détail de structure, ni dans les pyrénoïdes toujours nus des Bangiacées, Némaliées et Bacillariées, ni dans les pyrénoïdes accidentellement nus de la plupart des Chlorophycées ; à plus forte raison dans leur état le plus ordinaire, lorsqu'ils sont entourés d'une enveloppe d'amidon.

Sur des objets durcis au contraire apparaît le plus souvent une différenciation intime des pyrénoïdes. Des cavités variables de nombre et de dimension, diversement groupées, donnent à l'ensemble du pyrénoïde un aspect écumeux, plus ou moins poreux ou finement réticulé. L'action de différents réactifs, de l'alcool, de l'acide picrique, de l'hydrate de chloral, etc., met en relief ces particularités de structure ; mais elles ne sont pas constantes et n'ont pas la même importance dans tous les pyrénoïdes appartenant à des cellules au même état de développement ; au contraire elles présentent les plus grandes variations dans leurs formes et leurs apparences. Je suis porté à en déduire que ces détails ne préexistent pas à l'action des réactifs, qu'ils ne se manifestent que sous l'influence de ces agents, qui modifient la structure primordiale des pyrénoïdes.

Dans aucun cas, en un mot, je n'ai pu révéler une structure quelconque dans les pyrénoïdes des cellules vivantes, bien que l'existence d'une structure plus intime m'ait paru vraisemblable pour beaucoup de raisons.

L'éclat des pyrénoïdes dans les cellules vivantes est très variable quand on l'étudie chez différentes algues. Très réfringents dans beaucoup de cas (*Licmophora flabellata*), ils peuvent avoir ailleurs à fort peu près la même réfringence que la masse du

Digitized by Google

chromatophore, et alors leurs limites sont difficiles à préciser vis-à-vis de l'ensemble du chromatophore (*Euglena*, *Porphyra*, *Bangia*, *Nemalion*, *Helminthocladia*). Le degré de leur réfringence varie du reste dans une étendue assez grande chez une même espèce; il est parfois si faible que c'est à peine si on peut les distinguer de la masse du chromatophore, comme cela arrive dans les filaments de *Spirogyra* dépourvus d'amidon. Dans ces filaments, on pourrait supposer que le pyrénoïde s'est dissous, tandis qu'il est simplement peu nettement délimité et difficile à reconnaître. C'est le cas habituel au moment de la formation des zoospores.

Parallèlement à leurs différences de réfringence, les pyrénoïdes se comportent aussi différemment vis-à-vis des réactifs. L'eau, en pénétrant dans les cellules blessées par une action mécanique, coagule les pyrénoïdes en masses irrégulières homogènes, rarement un peu poreuses, qui ne se dissolvent pas immédiatement dans l'eau, tandis que les granules d'amidon qui les entourent sont séparés par la dissolution du chromatophore. L'action de l'eau me paraît être la même sur les pyrénoïdes de presque toutes les algues vertes. L'alcool, l'acide picrique et les autres réactifs qui durcissent le protoplasma, ont la même action sur les pyrénoïdes; ils en modifient peu la forme sphérique, de sorte que les pyrénoïdes demeurent plus ou moins nettement reconnaissables suivant leur réfringence plus ou moins grande.

Les pyrénoïdes de la plupart des Bangiacées et des Némaliées se comportent autrement. L'eau douce, l'alcool étendu, l'acide acétique faible, etc., les dissolvent et en répandent les éléments dans le liquide environnant. J'ai pu observer d'une façon particulièrement nette dans le *Nemalion multifidum* et l'*Helminthocladia purpurea* comment, sous l'action de l'eau douce, les pyrénoïdes se réduisent en une goutte épaisse qui, colorée facilement par la matière rouge du chromatophore tué, sort du chromatophore pour se répandre dans la cavité interne de la cellule, pour se répandre ensuite lentement dans l'eau environnante. Chez les Bacillariées aussi (*Licmophora flabellata*), le pyrénoïde se dissout

Digitized by Google

après la mort de la cellule tuée par l'eau douce, mais l'alcool suffit à le fixer. Par l'action rapide d'un réactif durcissant, tel que l'acide picrique concentré, le pyrénoïde engagé dans les amas d'amidon des Chlorophycées, des Bacillariées, des Bangiacées et des Némaliées, se coagule et durcit en formant un corps sphérique qui n'est plus directement soluble dans l'eau.

Ces pyrénoïdes durcis se présentent en général sous la forme de corps assez gros, réfringents et brillants, analogues aux nucléoles durcis du noyau ; dans certains cas seulement, comme dans beaucoup d'Euglènes, chez les Bangiacées et les Némaliées, leur réfringence est assez faible et diffère à peine de celle du chromatophore environnant. Je n'ai jamais pu constater de différence marquée et constante d'après la nature du réactif durcissant employé ; dans le cas où l'on tue les cellules vivantes par l'hydrate de chloral étendu, on voit, chez les Chlorosporées, les pyrénoïdes s'agglomérer, à la manière des nucléoles, en corps épais et brillants ; une solution concentrée de chloral dissout les pyrénoïdes (*Spirogyra*). Toutes ces masses durcies sont insolubles dans l'eau, l'alcool et la glycérine, de même que les nucléoles contractés ; j'ai pu dissoudre les pyrénoïdes durcis des *Spirogyra*, en même temps que les nucléoles des mêmes cellules par un long séjour dans le liquide de Schultze, alors que les chromatophores eux-mêmes demeuraient encore intacts.

J'ai à ajouter quelques indications sur la manière dont ces corps se comportent vis-à-vis des matières colorantes. Les pyrénoïdes durcis traités par les couleurs organiques qui colorent la chromatine du noyau (hématoxyline, carmin, etc.), sont, presque sans exception, très aisément et très fortement colorés, beaucoup plus que le protoplasma et que la substance fondamentale du chromatophore des mêmes cellules. Il arrive pourtant, notamment chez les Euglènes, que les pyrénoïdes soient insensibles à l'action de ces colorants. Presque toujours ils se comportent, à l'égard de ces matières colorantes, tout à fait comme la chromatine du noyau.

Il y a pourtant à ce point de vue des différences individuelles

Digitized by Google

considérables que nous savons exister aussi pour la chromatine des noyaux. La coloration des pyrénoïdes se rapproche en général beaucoup de celle de la chromatine dans une même cellule, mais les pyrénoïdes sont le plus ordinairement moins fortement colorés que la chromatine, et leur coloration se manifeste plus lentement. Le contraire se produit pourtant quelquefois, comme on le voit très nettement dans les préparations de *Licmophora flabellata* à l'acide picrique traitées par l'hématoxyline. Ce sont là d'ailleurs des faits exceptionnels.

Sans que j'aie pu approfondir la nature chimique des pyrénoïdes, il est pourtant permis de croire qu'elle est très voisine de celle de la chromatine des noyaux, que ces deux corps appartiennent chimiquement au même groupe.

Structure et développement des amas d'amidon. — Dans beaucoup de cas, les pyrénoïdes sont, nous l'avons déjà vu, simplement enfoncés dans la substance du chromatophore; mais chez la plupart des algues vertes ils sont entourés d'une enveloppe sphérique d'amidon. Elle consiste, nous l'avons dit, en une couche de petits grains plongés dans la substance du chromatophore qui entoure immédiatement le pyrénoïde. On le voit facilement en traitant la cellule vivante par l'acide picrique concentré. La préparation, bien lavée à l'eau, se colore par une solution ammoniacale d'hématine. En étudiant la préparation dans la glycérine ou dans l'huile pour éviter les erreurs dues à la réfraction, on voit nettement que les grains d'amidon sont situés *en dehors* du pyrénoïde fortement coloré, dans la substance fondamentale du chromatophore.

Tout autour de l'enveloppe sphérique de grains d'amidon, la masse fondamentale du chromatophore paraît plus épaisse que dans les autres parties et semble constituer une enveloppe spéciale autour des amas de grains d'amidon. Cette enveloppe fait pourtant quelquefois complètement défaut (même chez certaines espèces où elle a été observée dans d'autres cas, par exemple dans le *Mesocarpus scalaris*); là où elle existe, elle est d'ailleurs

Digitized by Google

en relation directe avec le reste du chromatophore, dont elle est une partie intégrante.

Dans les formes minces, rubanées, les amas d'amidon occasionnent sur le chromatophore des épaississements locaux qui font saillie d'un côté du chromatophore (*Spirogyra*, *Draparnaldia* (*fig.* 14), ou des deux côtés à la fois (*Mesocarpus*), et qui sont d'autant plus proéminents que les amas d'amidon sont plus gros. Jamais les amas d'amidon ne quittent cette enveloppe, tant que les chromatophores sont intacts et vivants. Toujours ils sont recouverts d'une couche plus ou moins épaisse de la substance du chromatophore.

Pour bien comprendre la structure des amas d'amidon, il est bon d'en suivre le développement. Il n'est pas rare, nous le savons, de trouver des individus d'algues vertes (*Zygnema*, *Urospora* (*fig.* 18), *Spirogyra*, *Mesocarpus*, etc.) dont les pyrénoïdes sont complètement dépourvus d'amidon, par suite peut-être d'un accroissement très vif. Il arrive souvent que l'enveloppe d'amidon se produise postérieurement dans les cultures ; il est facile alors d'en suivre le développement : on voit nettement que le pyrénoïde lui-même ne prend aucune part à la formation de l'enveloppe d'amidon ; elle se forme dans les parties du chromatophore qui sont contiguës au pyrénoïde. De très petits grains d'amidon apparaissent d'abord en grand nombre, séparés latéralement par une lame mince de la substance du chromatophore (*fig.* 3 et 4). C'est sur des objets durcis seulement qu'il est possible de distinguer les uns des autres les petits granules d'amidon ; peu à peu, ils grandissent assez pour se souder latéralement en une couche continue d'épaisseur variable (*fig.* 22). C'est ainsi que l'enveloppe d'amidon acquiert définitivement la forme typique propre aux diverses espèces, due à la réunion d'un nombre plus ou moins grand de grains plus ou moins gros eux-mêmes.

Dans certains cas, par exemple dans les cultures anciennes de *Spirogyra*, l'enveloppe d'amidon, formée de grains très gros, peut acquérir une épaisseur considérable, ou, par la réunion latérale de tous les grains, former une couche sphérique close (Siphonocladées).

Digitized by Google

Il résulte de tout ce qui précède que le pyrénoïde ne prend aucune part directe à la formation de la couche d'amidon. On ne peut douter pourtant qu'il exerce une influence sur le développement de cette couche. Comment expliquer que les grains d'amidon se forment constamment autour de lui, tandis qu'ils n'apparaissent que plus tard dans les autres parties du chromatophore? Ce n'est pas sans difficulté qu'on pourra résoudre ce problème. Dans tous les cas les diverses hypothèses qu'on pourrait émettre à ce sujet sortiraient du cadre que nous nous sommes tracé.

Multiplication des pyrénoïdes. — Les dimensions des pyrénoïdes, qu'ils soient nus ou englobés dans une couche d'amidon, sont loin d'être constantes. Chaque pyrénoïde s'accroît par intussusception comme le protoplasma, à ce qu'il semble, jusqu'à ce qu'il ait atteint sa grandeur normale suivant l'espèce à laquelle il appartient. Ses dimensions sont très différentes dans les différentes espèces. Dès lors le pyrénoïde subit d'habitude une division.

Cette multiplication des pyrénoïdes est en relation étroite avec l'accroissement et la multiplication des chromatophores. Nous savons que chaque chromatophore peut contenir un ou plusieurs pyrénoïdes, et en conséquence un ou plusieurs amas d'amidon. S'il y en a plusieurs, leur nombre augmente à mesure que le chromatophore s'accroît ; s'il n'y en a qu'un, le pyrénoïde se multiplie en même temps que le chromatophore. La description de ces deux phénomènes simultanés devrait donc se faire en même temps, mais il me paraît plus simple de les séparer, de traiter d'abord des phénomènes qui s'accomplissent dans les pyrénoïdes pour nous occuper ensuite de la multiplication des chromatophores.

La multiplication des pyrénoïdes et des amas d'amidon qui est inséparable, s'accomplit de deux manières, soit par une simple division en deux, soit par formation nouvelle. Nous choisirons, comme l'exemple le plus simple, le cas où le phénomène se passe tout entier dans un pyrénoïde sans enveloppe d'amidon.

Digitized by Google

On peut suivre la division avec une grande netteté dans les chromatophores étoilés des Bangiacées, notamment du *Bangia fusco-purpurea* de la mer du Nord. Le chromatophore unique étoilé des cellules végétatives renferme un seul pyrénoïde médian assez gros, de forme à peu près sphérique. Pendant que les jeunes cellules cylindriques s'accroissent, le chromatophore tout entier s'élargit ; le pyrénoïde sphérique se dilate suivant le grand axe de la cellule, puis il s'étrangle à mesure qu'une cloison se produit de la périphérie vers le centre pour diviser la cellule, et se sépare enfin en deux nouveaux pyrénoïdes qui s'arrondissent. La masse fondamentale du chromatophore subit l'effet de l'étranglement produit par la nouvelle cloison, se sépare aussi et finit par entourer individuellement chacun des deux pyrénoïdes, qui s'accroissent jusqu'à atteindre leurs dimensions normales. La division du pyrénoïde est suivie très rapidement de la division des chromatophores et de toute la cellule.

Je n'ai pas pu, sur le vivant, constater de modifications au sein du pyrénoïde pendant cette division ; sa structure m'a toujours paru homogène pendant ce temps. Sur des objets bien durcis, il en a été de même ; cette structure irrégulière, spongieuse, que montrent les échantillons conservés dans l'alcool, ne me paraît pas être une structure initiale, mais être une conséquence de l'action des réactifs, tout aussi bien que les mêmes apparences constatées déja sur des pyrénoïdes en dehors de toute division.

Tous les autres pyrénoïdes nos présentent, au point de vue de la division, les mêmes caractères que le *Bangia :* tels sont ceux des *Achnanthes longipes* (*fig.* 9), *Goniotrichum, Nemalion, Licmophora*, etc. Le pyrénoïde arrondi prend une forme plus ou moins allongée, s'étrangle par le milieu sans qu'on puisse remarquer pendant ce temps aucune modification de sa structure intime. Les deux nouveaux pyrénoïdes sont le plus souvent d'égale grosseur et s'accroissent à peu près parallèlement, pour atteindre leurs dimensions normales. Il n'est pas rare pourtant qu'on saisisse entre eux quelques différences, surtout lorsque la division du pyrénoïde et du chromatophore précède la division d'une

Digitized by Google

cellule en deux cellules inégales, comme cela arrive souvent dans le thalle des Némaliées (*Nemalion, Helminthocladia*).

Les Pyrénoïdes se multiplient aussi par formation nouvelle. Je l'ai observée dans tous ses détails dans le *Nemalion multifidum* et l'*Helminthocladia purpurea*. Chaque cellule de ces plantes renferme un seul chromatophore étoilé asymétrique dont la partie médiane est presque appliquée contre la paroi supérieure de la cellule. De cette partie médiane partent les rayons étroits dont les extrémités vont de tous côtés toucher la paroi cellulaire. C'est dans cette partie médiane qu'est logé le pyrénoïde (*fig.* 11, 12, 16). Les rayons du chromatophore sont très courts du côté de la face supérieure de la cellule, bien plus longs vers la face inférieure, surtout s'il s'agit des cellules allongées de l'intérieur du thalle. Dans ces grandes cellules, les prolongements du chromatophore s'élargissent beaucoup en certains endroits; c'est dans ces parties fort dilatées que se constituent de nouveaux pyrénoïdes par formation nouvelle. On y voit apparaître tout d'abord de très petits granules arrondis, qui grandissent peu à peu et qui paraissent avoir absolument la même structure que le pyrénoïde initial, il se forme ainsi simultanément ou non, vers la face inférieure de la cellule, un ou plusieurs pyrénoïdes secondaires, le plus souvent un seul, dans chaque prolongement du chromatophore. Ils n'atteignent généralement pas la grosseur du pyrénoïde primitif. Nous verrons pourtant plus loin que c'est par cette formation nouvelle d'un pyrénoïde que commence la division du chromatophore au moment de la formation des cellules mères des rhizoïdes.

Que nous ayons affaire dans ce cas à une formation nouvelle et non à une division du pyrénoïde préexistant, cela ressort avec beaucoup de vraisemblance de ce fait, que le pyrénoïde nouveau apparaît sous forme d'un très petit granule, loin du pyrénoïde ancien, sans que celui-ci témoigne aucun phénomène de division. Je n'ai jamais observé non plus le petit grain, origine du pyrénoïde secondaire, entre le pyrénoïde primitif et la place qu'occupe le pyrénoïde secondaire. Il est dès l'origine à la place qu'il occupera toujours, ce qui n'arriverait pas s'il résultait d'une

Digitized by Google

division du pyrénoïde primitif. Il n'y a donc qu'une explication possible : c'est qu'il est produit par formation nouvelle au point où on ne cesse de l'observer dès le début.

On peut suivre sans difficulté cette formation nouvelle de pyrénoïdes dans les grandes cellules âgées de l'intérieur du thalle des Némaliées que j'ai nommées. Dans d'autres régions du thalle des mêmes plantes, il est difficile d'affirmer qu'on ait affaire à une formation nouvelle plutôt qu'à une division inégale de pyrénoïde préexistant, surtout lorsque les deux pyrénoïdes sont finalement très voisins l'un de l'autre.

Cette même difficulté d'interprétation se reproduit chez presque toutes les autres algues à pyrénoïdes nus, si bien que je n'ai pu décider si chez les Bangiacées le pyrénoïde peut se multiplier par formation nouvelle. Ce n'est pas le cas certainement lorsque le thalle s'accroît d'une façon normale.

Je n'ai aucune raison de croire qu'il y ait formation nouvelle de pyrénoïde dans le *Licmophora flabellata* et les autres Bacillariées ; j'y ai toujours observé une simple division du pyrénoïde.

Il n'est pas possible de dire encore comment s'accomplit cette nouvelle formation d'un pyrénoïde. On peut supposer qu'une goutte ou qu'un grain de substance sans vie, analogue à la nucléine, se sépare de la substance fondamentale du chromatophore, et que ce corpuscule s'accroisse par séparations successives de particules nouvelles ; mais les faits ne sont pas moins favorables à l'hypothèse qu'une partie de la substance fondamentale du chromatophore se transforme directement en substance du pyrénoïde, que son accroissement soit dû à la répétition du même phénomène. Dans les deux cas, cette matière appliquée à la formation du nouveau pyrénoïde pourrait être considérée comme une matière de réserve sans vie du chromatophore. Dans la deuxième hypothèse, on peut la regarder comme une partie de la masse vivante du chromatophore. Les faits, je le répète, ne permettent pas de s'arrêter plutôt à l'une qu'à l'autre interprétation.

Les faits décrits antérieurement relativement à la division des pyrénoïdes ne facilitent pas la solution du problème et ne sont

Digitized by Google

pas plus favorables à la première hypothèse qu'à l'autre. Il y a donc là une question que nous ne pouvons songer à résoudre pour le moment.

Multiplication des amas d'amidon. — Les phénomènes qui se produisent au cours de l'évolution des pyrénoïdes paraissent tout d'abord plus compliqués chez les algues vertes, où le pyrénoïde est entouré d'une couche d'amidon. En réalité, les choses se passent pourtant essentiellement de la même façon que chez les pyrénoïdes nus ; les complications y sont simplement amenées par l'apparition de la couche d'amidon.

Chez la plupart des algues vertes, on trouve la couche d'amidon formée, à quelque moment qu'on l'observe ; mais elle est plus ou moins développée. Chez certaines espèces pourtant, on trouve plus ou moins souvent des individus (*Valonia*, *Bryopsis*, plus rarement *Urospora*, quelquefois *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Zygnema*) auxquels l'enveloppe d'amidon manque complètement au pyrénoïde. Ces individus permettent de voir toute la division du pyrénoïde de la même manière que chez les Bangiacées et les Némaliées. On y observe, comme chez ces plantes, que la division est tantôt égale, tantôt inégale. Il arrive parfois que la différence de grandeur des deux parties soit très considérable (*Urospora*, *Spirogyra*).

La division du pyrénoïde devient plus compliquée chez ces algues et chez toutes les autres Chlorosporées, lorsque la couche d'amidon est entièrement formée. Ce phénomène peut être suivi avec la plus grande facilité chez ces algues, qui n'ont toujours qu'un seul pyrénoïde qui se divise en deux dès le début de la division du chromatophore, comme *Zygnema*, *Hyalotheca* (*fig.* 22), *Tetraspora*, *Palmella*, *Bryopsis*, etc. Dans d'autres cas, chez les *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Urospora* notamment, il est plus difficile de suivre tous les états de la division des amas d'amidon, car leur division ne correspond pas ordinairement, chez ces plantes, à la division de l'ensemble de la cellule. Cependant une observation attentive permet de retrouver sans grande

Digitized by Google

peine les diverses phases de la division, et l'on peut s'assurer qu'elle se produit de la même manière que dans le premier cas.

Cette division (*fig.* 22 *a-h*) commence par un léger allongement du pyrénoïde, d'abord sphérique (*fig.* 4), et par un faible étranglement qui se manifeste en son milieu après son allongement (*fig.* 22 *a*). La masse ambiante du chromatophore, qui renferme en elle les petits granules de la couche d'amidon, s'étend en même temps que le pyrénoïde et pénètre dans l'étranglement qu'il présente dès ce moment. L'étranglement devient de plus en plus étroit et sépare définitivement le pyrénoïde primitif en deux nouveaux pyrénoïdes sphériques qui sont séparés l'un de l'autre par une couche de plus en plus épaisse de la substance du chromatophore (*fig.* 22 *c-e*).

Pendant ce temps, les grains d'amidon ont conservé leur disposition sphérique, au moins d'une façon générale, alors même que dans la région qui correspond à la division du pyrénoïde ils sont un peu séparés les uns des autres et enfoncés d'un côté dans le sillon formé par la masse fondamentale du chromatophore étranglé. Cet étranglement peut s'accentuer encore, si bien que dans beaucoup de cas, mais pas toujours, on peut constater un faible étranglement circulaire de l'enveloppe d'amidon.

Pendant que les deux moitiés du pyrénoïde s'écartent, que la substance fondamentale du chromatophore devient de plus en plus épaisse entre elles, la couche sphérique de grains d'amidon se sépare simplement, suivant le plan de division, en deux moitiés qui s'écartent lentement l'une de l'autre. Une nouvelle formation de granules d'amidon produits au sein de la substance du chromatophore vient combler la partie des deux sphères d'amidon qui se trouvait faire défaut par suite même de la segmentation de la sphère primitive. En peu de temps, les deux nouveaux amas ainsi formés ont repris leur forme sphérique (*fig.* 22, *f-h*). Toute cette division s'accomplit d'une façon uniforme, soit que la sphère d'amidon se compose d'une quantité de petits granules, soit qu'elle se compose d'un petit nombre de grains plus gros développés ensemble. On peut suivre très facilement la division des

Digitized by Google

amas d'amidon autour des grandes pyrénoïdes des *Zygnema*, *Hyalotheca* (*fig.* 22) et des formes semblables. Dans d'autres espèces, la petitesse des parties rend le phénomène difficile à observer. Il est bien facile notamment d'y constater que l'étranglement et la division du pyrénoïde inclus précèdent la division de l'amas d'amidon. Il semble assez souvent qu'une plaque de substance épaisse se forme dans le plan de division de l'amas d'amidon et que la division de cette plaque amène la séparation complète des deux amas. Cette illusion se produit surtout chez beaucoup de petits Palmellacées et de *Chlamydomonas*; mais une observation plus attentive montre bientôt que le phénomène se passe comme partout ailleurs.

Nous avons vu qu'une légère différence survient, suivant que l'étranglement de l'enveloppe d'amidon est plus ou moins profond. Dans les cas où il est le plus fort, on pourrait croire que l'étranglement du pyrénoïde et de la couche d'amidon se fait simplement suivant une ligne circulaire, et que c'est là tout le phénomène. Mais c'est un fait constant que toujours, après la division des amas d'amidon, il y a nouvelle formation de granules d'amidon. En somme, le phénomène est toujours le même que dans le cas où l'étranglement n'a pas lieu, où la sphère ancienne d'amidon se sépare simplement en deux parties hémisphériques et se complète par une nouvelle formation de granules. Quels que soient d'ailleurs les détails de cette division, les deux parties peuvent être d'égale ou d'inégale grosseur dans les chromatophores qui n'ont qu'un seul amas d'amidon ; elles sont tantôt égales, tantôt inégales, dans les chromatophores qui ont plusieurs amas. Parfois la division des amas d'amidon s'accomplit si lentement que des états passagers, que des états momentanés de la division semblent des états définitifs ; ou bien les divisions se répètent avant d'être complètes, ce qui complique d'une façon particulière la forme des amas d'amidon. Ces particularités se présentent très nettement dans les différentes espèces de *Zygnema*.

Dans toutes les espèces de *Zygnema*, les amas d'amidon sont formés de granules assez nombreux, plus ou moins gros ; les

Digitized by Google

amas d'amidon forment en conséquence des corps sphériques plus ou moins épais, qui remplissent presque complètement la partie médiane du chromatophore étoilé. Chez quelques espèces, longtemps avant la division, le pyrénoïde s'étend perpendiculairement au grand axe du filament et prend la forme d'un cylindre plus ou moins long, et la sphère d'amidon s'étend dans le même sens par suite de l'accroissement de quelques-uns des grains qui la composent. Dans certaines espèces de *Zygnema*, les amas d'amidon de presque toutes les cellules en voie de végétation active ont cette forme.

Dans d'autres espèces du même genre, la disposition des amas d'amidon est encore plus irrégulière.

Le pyrénoïde s'élargit le plus souvent perpendiculairement au grand axe du filament et prend, comme dans le cas précédent, une forme allongée, tandis que l'enveloppe d'amidon s'élargit peu à peu : le pyrénoïde se coupe en deux par le milieu ; la substance du chromatophore pénètre entre les deux moitiés, pour former aussitôt de nombreux granules d'amidon entre elles. Le même phénomène se reproduit immédiatement pour l'une des deux moitiés ou pour les deux à la fois, si bien que finalement on a sous les yeux des amas d'amidon qui paraissent sphériques, mais qui, au lieu de contenir un pyrénoïde sphérique, en présentent deux ou plusieurs, les uns sphériques, les autres plus ou moins allongés et séparés les uns des autres par une plaque renfermant de l'amidon. Ces amas d'amidon ainsi associés résultent tout simplement, on le voit, de ce que la division des pyrénoïdes se réitère avant d'être définitivement accomplie. Ce phénomène peut se répéter plusieurs fois. On peut donc rencontrer des amas d'amidon avec deux, trois, quatre pyrénoïdes ou davantage, jusqu'à ce que la division du chromatophore entraîne la division de tout cet ensemble. D'ailleurs, que le pyrénoïde soit unique on qu'il y en ait plusieurs, la division se fait toujours de la même manière. Les pyrénoïdes se distribuent dans les deux moitiés de l'ensemble ainsi segmenté.

A côté de la multiplication des amas d'amidon par division, on

Digitized by Google

rencontre aussi, dans bien des cas, une multiplication par nouvelle formation, comme dans les pyrénoïdes nus. Dans les chromatophores de beaucoup d'algues vertes, chez celles surtout qui ne renferment qu'un amas d'amidon, il ne se produit jamais de semblable formation nouvelle (*Palmella*, *Tetraspora*, *Glœocystis*). Chez d'autres espèces, chez celles surtout dont les chromatophores renferment de nombreux amas d'amidon (*Draparnaldia*, *Œdogonium*, etc.), on voit souvent des phénomènes de formation nouvelle se produire à côté de la multiplication par division; il arrive même que la multiplication par division y soit beaucoup plus rare que l'autre. Cette interprétation s'impose lorsque entre de grands amas d'amidon on en trouve un grand nombre de très petits, sans pouvoir jamais constater une division inégale des plus grands.

De tous les cas que j'ai observés, celui du développement de petits amas d'amidon par nouvelle formation dans les grandes espèces de *Zygnema* me paraît le plus net. J'y ai souvent trouvé, dans les prolongements que les grands chromatophores envoient vers la paroi cellulaire, un très petit amas d'amidon de dimensions bien plus faibles que celui qu'on observe dans la partie médiane de chromatophore. Autant que j'en ai pu juger, la division de l'amas d'amidon principal amène toujours la formation de deux amas de grandeur à peu près égale. C'est en vain aussi que j'ai cherché de petits amas d'amidon entre la partie médiane et l'extrémité des prolongements du chromatophore. Nous ne pouvons donc voir dans les petits amas d'amidon qu'on trouve à l'extrémité des prolongements, que le résultat d'une nouvelle formation analogue à celle que nous avons constatée pour des pyrénoïdes nus dans les cellules d'*Helminthocladia* et de *Nemalion*. Je pourrais citer un exemple douteux d'une formation nouvelle de même nature dans les grandes cellules de l'axe du *Draparnaldia glomerata*. J'en pourrais dire autant des *Œdogonium* : les chromatophores de ces plantes renferment dans certaines espèces un seul grand amas d'amidon à côté duquel est habituellement placé le noyau (*fig.* 6). A côté de cet

Digitized by Google

amas d'amidon, qui se divise régulièrement, en même temps que le chromatophore, on voit fréquemment plusieurs petits amas d'amidon et parfois même quelques petits pyrénoïdes nus. Dans d'autres espèces, les amas d'amidon se multipliant par division sont nombreux, mais entre eux on reconnaît quelquefois de très petits amas d'amidon ou des pyrénoïdes nus. Il est vraisemblable que les uns et les autres sont produits par formation nouvelle ; mais il n'est pas possible d'affirmer qu'ils ne résultent pas d'une division inégale.

Il est encore bien plus difficile de déterminer exactement le mode de multiplication des amas d'amidon dans le cas où on sait positivement qu'il se produit des divisions inégales (*Spirogyra, Mesocarpus*). Les données bibliographiques son. très contradictoires au sujet du *Spirogyra :* M. de Bary ne parle que d'une multiplication par formation nouvelle ; M. Pringsheim n'y voit qu'une division. Mes observations personnelles m'ont fait reconnaître que dans ces deux genres les amas d'amidon se divisent par division égale et inégale ; je considère pourtant comme très vraisemblable qu'il s'y produit en outre des amas d'amidon par formation nouvelle, car j'ai vu apparaître souvent de petits pyrénoïdes nus entre de grands amas d'amidon. Chez beaucoup d'autres algues vertes, chez celles qui ont de grands chromatophores disciformes, il existe aussi une multiplication des amas d'amidon par formation nouvelle. Ce serait le cas, d'après Al. Braun, pour les nombreux amas qu'on trouve dans les cellules d'*Hydrodictyon*. Mes études sur les Siphonocladées me font croire qne les deux modes de multiplication se rencontrent aussi chez ces plantes ; mais il est bien difficile de résoudre définitivement la question, parce que l'observation directe y est à peine possible.

Changement de forme des chromatophores. — Nous ne nous sommes cccupé jusqu'ici que des chromatophores complètement constitués ; leur forme n'est pourtant pas immuable : le bord des grands chromatophores aplatis a un contour variable, surtout lors-

Digitized by Google

qu'il est abondamment lobé et déchiqueté (*Spirogyra*). M. Stahl a montré tout récemment qu'une modification dans l'éclairement a une influence évidente sur ces changements de forme. Mais en dehors des variations de l'éclairement ou d'autres influences extérieures immédiates, il y a dans les chromatophores des changements de forme spontanés. J'ai pu suivre, par une longue observation au microscope, une lente modification dans le contour du *Melosira nummuloïdes*, sans pouvoir rapporter cette modification à aucune cause extérieure. Il faut en conclure que la matière fondamentale du chromatophore possède une motilité propre, limitée il est vrai; cette motilité, caractéristique du protoplasma, peut être accentuée par les agents extérieurs.

Il paraît douteux pourtant que la motilité propre des chromatophores suffise pour expliquer leurs changements de forme. Il est certain que dans un filament de *Mesocarpus* exposé sous le microscope à l'action de la lumière, que dans les *Triceratium*, *Amphitetras*, *Biddulphia* et beaucoup d'autres Bacillariées marines comprimées sur le porte-objet, les mouvements du chromatophore, très sensibles souvent, sont une conséquence du mouvement de tout le protoplasma et n'appartiennent pas en propre au chromatophore. Il est bien certain encore que les changements de position si fréquents que subissent les chromatophores à l'intérieur des grandes cellules de Siphonées paraissent indépendants des actions extérieures. De pareils mouvements, tels qu'on les observe dans les cellules vivantes, doivent être rapportés aux propriétés générales de tout protoplasma, sans qu'il y ait lieu d'attribuer un caractère de motilité propre au chromatophore lui-même.

Accroissement du chromatophore. — Que ces changements de forme soient actifs ou passifs, il faut bien en distinguer ceux qu'amène l'accroissement. Depuis l'origine jusqu'à leur complet développement, quelle que soit d'ailleurs leur forme extérieure, les chromatophores s'accroissent, tant que la cellule elle-même a une vitalité suffisante. La substance fondamentale du chromatophore augmente de volume par le même procédé, sans doute,

Digitized by Google

que le protoplasma vivant. Cet accroissement peut être uniforme ou localisé de façon à conserver ou à détruire la forme du chromatophore.

Les différentes espèces présentent à ce point de vue de grandes différences; je ne ferai que citer quelques exemples. Chez beaucoup de Palmellacées (*Palmella*, *Glœocystis*, *Chlamydomonas*...), le chromatophore, en forme de mûre, ne change pas d'aspect, malgré l'augmentation de son volume. Au contraire, dans les grandes cellules de beaucoup de Floridées (*Ceramium*, *Polysiphonia*, *Callithamnion*...), les chromatophores, d'abord petits, disciformes, anguleux, prennent l'aspect de rubans allongés, étroits, plus ou moins ondulés, à contours uniformes ou diversement lobés. Chez le *Draparnaldia glomerata* (*fig.* 14), les plus jeunes cellules renferment toujours un anneau chlorophyllien pariétal aplati avec deux amas d'amidon au plus. Lorsque la cellule s'accroît (*fig.* 13), l'anneau s'étend en même temps que les amas d'amidon se multiplient, son bord commence à se creuser de fentes, et finalement les grandes cellules de l'axe présentent un large anneau vert treillisé, avec des bords abondamment lobés et sinueux. Des modifications de même nature se produisent chez beaucoup d'autres algues (*Ulothrix*, *Œdogonium*, *Hydrodictyon*, *Ulva*, *Urospora*, etc.).

Les modifications apportées dans la physionomie des cellules par ces changements de forme de chromatophores peuvent être considérables. Ce qui influe le plus sur l'aspect des cellules, c'est le rapport qui existe entre les dimensions de chromatophores et celles des cellules. Il est rare que l'accroissement des chromatophores soit parallèle de celui des cellules. Au contraire, on peut observer fréquemment que l'extension de toute la cellule se fait dans une mesure beaucoup plus large que l'acroissement des chromatophores : c'est le cas des cellules de l'axe du *Draparnaldia glomerata* (*fig.* 13 et 14). D'autre part, il arrive que l'accroissement des chromatophores soit beaucoup plus énergique que celui de la cellule. Il est très facile de distinguer quel cas l'on a sous les yeux lorsqu'il s'agit de cellules

Digitized by Google

dont les chromatophores disciformes sont appliquées contre la paroi externe et la tapissent plus ou moins complètement. Si, par suite de l'accroissement, il ne recouvre qu'une faible partie de la cellule, celle-ci paraît à peine colorée ; si la cellule s'accroît lentement, la couche des chromatophores s'étend de plus en plus et finit par tapisser toute la paroi externe, la débordant même souvent, pour envahir les cloisons de séparation. Toute la cellule paraît en conséquence de plus en plus colorée, et il semble alors que toute la paroi cellulaire soit tapissée d'une couche protoplasmique uniformément colorée ; c'est notamment le cas pour une foule de cellules à la fin de la période végétative, au moment de la fructification ou lorsqu'elle vont passer à l'état de repos.

La grandeur des chromatophores n'est pas seule à influer sur l'aspect de toute la cellule, mais l'intensité de la coloration qui leur est propre a aussi une influence réelle ; cette coloration n'est d'ailleurs pas constante : la matière colorante s'accroît tantôt dans la même mesure, tantôt aussi plus vite ou plus lentement que la masse fondamentale du chromatophore ; il en résulte que le chromatophore est toujours coloré de la même façon, qu'il perde ou qu'il gagne en intensité. Les cellules des *Cladophora*, des *Œdogonium* et de bien d'autres sont très remarquables par cette diminution d'intensité de leur coloration ; à mesure que les chromatophores s'accroissent, la teinte en est quelquefois si faible qu'on peut à grand' peine en préciser le contenu.

Si, dans ces conditions, l'on veut déterminer le contour du chromatophore, il est nécessaire de cultiver les plantes dans une chambre, ce qui amène une coloration plus foncée du chromatophore. Ces faits montrent d'une façon évidente combien peuvent être grandes les différences entre le développement de la matière colorante et l'accroissement de la masse fondamentale du chromatophore.

La chose est bien plus facile à observer encore lorsque l'on a affaire à des chromatophores complètement incolores au début

Digitized by Google

ou qui se colorent très lentement. Dans beaucoup d'algues, il n'y a pas de méristème incolore, toutes les cellules s'y accroissent parallèlement et sont uniformément colorées (*Prasiola*, *Porphyra*, etc.), ou bien il y a un véritable méristème au sommet ou au milieu du thalle, et les cellules de ce méristème renferment des chromatophores colorés comme toutes les autres cellules du thalle, par exemple les Chætophorées, Sphacélariées, les Ectocarpées, Dictyotées, beaucoup d'autres Phæosporées, beaucoup de Floridées, etc.

Dans d'autres cas, le méristème est complètement incolore, comme dans la plupart des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames ; les chromatophores des cellules qui composent ce méristème sont incolores ou à peu près ; ils ne se colorent que lorsqu'ils sont suffisamment différenciés et éloignés du méristème : c'est le cas pour la plupart des Floridées. Les cellules du méristème des Characées sont aussi à peu près incolores, si bien qu'il est presque impossible d'y faire une distinction entre la masse fondamentale du chromatophore et le protoplasma environnant.

A mesure que les chromatophores s'accroissent, la matière colorante subit des modifications plus ou moins profondes, qui s'accentuent jusqu'à la décoloration complète du chromatophore; c'est ce qu'on voit fréquemment dans les cellules des rhizoïdes et des poils de grandes algues vertes, rouges ou brunes. Ainsi, au début, les rhizoïdes et les poils renferment des chromatophores nettement colorés ; à mesure que ces organes s'allongent, la coloration de leurs chromatophores devient moins intense, jusqu'à ce qu'enfin ils se décolorent complètement ; il arrive alors qu'on ne les reconnaisse qu'à grand'peine ; ils disparaissent même parfois complètement (poils de conceptacle du *Fucus vesiculosus*).

Une décoloration semblable des chromatophores s'observe dans le cas où un méristème incolore se forme au sein d'un thalle très différencié (*Gracilaria*, *Rhodymenia*, etc.). A mesure que les cellules se multiplient pour constituer ces méristèmes, les chromatophores se divisent et se multiplient abondamment de leur côté, mais la matière colorante ne s'y accroît pas proportion-

Digitized by Google

nellement et leur coloration devient en conséquence de moins en moins intense.

Des phénomènes analogues s'observent souvent aussi au moment de la formation des éléments sexués mâles ; chez les Chlorophycées, les chromatophores de ces éléments sont le plus souvent colorés en vert pâle ou en jaune (*Bryopsis*), ou bien ils deviennent à peu près complètement incolores (*Sphæroplea* et *Volvox*), tandis que dans le protoplasma environnant on reconnaît une quantité plus ou moins grande d'huile orangée ou orangée rouge (*Œdogonium diplandrum*, *Cylindrocapsa*). Chez les algues brunes ou rouges, de même, les chromotophores des éléments sexués mâles se décolorent plus ou moins complètement, et les chromatophores eux-mêmes peuvent perdre complètement leur individualité pour se confondre avec le protoplasma.

Il est plus rare de voir les cellules sexuées femelles ainsi pâlir et se décolorer chez la plupart des algues remarquablement colorées. Elles ne sont incolores d'une façon constante que chez les Characées ; il n'est pas rare non plus de les trouver décolorées chez les Floridées, comme par exemple chez les *Nemalion* et les *Helminthocladia*. Chez ces dernières, la coloration si faible des cellules femelles est due en partie à ce que les chromatophores colorés des cellules mères se décolorent pendant le développement des éléments sexués (*Batrachospermum*), et en partie à ce que les cellules sexuées manquent complètement de chromatophores. Chez les Characées, les seules algues dont les cellules sexuées femelles soient complètement incolores, ces cellules sont formées directement par les cellules du méristème et ne renferment comme elles que chromatophores incolores.

Pour en finir avec le pâlissement et la décoloration des chromatophores, signalons encore la coloration particulière que prennent certains de ces corps, en dehors de la coloration normale qu'ils ont dans chaque espèce. Les anthéridies des Characées en sont l'exemple le plus frappant, avec le contenu de leurs cellules externes coloré en rouge cinabre éclatant. Cette coloration se produit de toutes pièces dans des cellules primitivement in-

Digitized by Google

colores, sans qu'on y puisse observer d'abord une matière verte qui se colore successivement en rouge. Ce sont là des cas tout à fait exceptionnels et qui sont, autant que j'en puis juger, en relation avec diverses modifications morphologiques de même nature que celles que subissent les feuilles florales chez les Phanérogames.

(*A suivre.*)

(Le prochain fascicule contiendra la Planche.)

RECHERCHES
SUR
L'ŒUF DES ASCIDIENS

Par M. A. SABATIER.

La Station zoologique de Cette offre au naturaliste un nombre considérable d'Ascidies, soit simples, soit composées. Cette richesse même m'a engagé à reprendre l'étude de la composition de l'œuf dans ce groupe si intéressant des Tuniciers. Malgré les travaux de Van Beneden, de Kupffer, de Kowalevsky, de Ganin, de Stepanoff, de Semper, de Lacaze-Duthiers, de Foll, de Giard, de Seeliger, bien des points restent encore obscurs et réclament des recherches approfondies et patientes, car l'œuf des Ascidiens *semble* se distinguer sous bien des rapports de celui des autres animaux, et présente des particularités de composition qui ne sont encore bien connues ni quant à leur genèse ni même quant à leur structure.

Un examen sérieux et persévérant est nécessaire pour vaincre les difficultés d'une pareille étude. Les essais doivent être multipliés et variés, non seulement sur une espèce, mais sur un nombre considérable d'espèces, pour lever les doutes qui ne cessent d'assaillir le chercheur consciencieux, qui ne veut point avancer un fait dont il n'est pas certain, ou produire une interprétation qui ne lui semble pas entièrement rationnelle et légitimée.

Digitized by Google

C'est là le programme que je me suis tracé dans la tractation du difficile sujet dont j'ai abordé l'étude, et auquel je n'ai point marchandé le temps puisque j'ai depuis près de deux ans renouvelé sans relâche mes observations [1].

Ce n'est point ici le lieu de faire une description de l'ovaire des Ascidiens qui ont été soumis à mon étude. Ces organes offrent des différences notables de situation et de conformation extérieure. Mais quant à la structure élémentaire, ils ne diffèrent pas d'une manière essentielle, et l'on retrouve chez tous les mêmes éléments dans des relations réciproques très comparables. Je me borne, pour le moment, à insister sur ce fait, dont mes publications ultérieures démontreront l'importance : c'est que chez ces animaux, qui sont tous hermaphrodites, la situation des deux glandes génitales est toujours la même, et que l'ovaire et le testicule sont situés toujours, non seulement dans le voisinage immédiat l'un de l'autre, mais qu'ils sont placés et ont pris nais-

---

[1] Les animaux qui ont fait le sujet de mes recherches constituent des genres et des espèces qu'il ne m'a pas toujours été facile de déterminer. Les Ascidiens de Cette n'ont pas été encore l'objet, comme espèce, d'une étude approfondie. Il est possible et probable même qu'il y aura lieu, quand on les examinera de près, d'y reconnaître quelques espèces, ou tout au moins quelques variétés nouvelles. « On sait d'ailleurs, dit M. de Lacaze-Duthiers, combien les déterminations des Ascidies sont difficiles avec les descriptions seules, trop souvent incomplètes ! » (H. de Lacaze-Duthiers ; *Les Ascidies simples des côtes de France. Arch. de Zool. expér et génér.*, tom. III, 1874.) J'ai donc dû me contenter, dans certains cas, de déterminations qui mériteront une vérification ultérieure. Mais, dans ces cas même, j'aurai soin de désigner le genre et l'espèce par une particularité de sa structure ou par la désignation précise de sa localité, pour que ceux qui voudront vérifier mes résultats puissent trouver des points de repère suffisants.

Les Ascidiens dont les œufs ont été particulièrement étudiés dans ce travail sont : *Ciona intestinalis*, *Ascidia villosa*, *Ascidia canina*, *Ascidia grossularia* (Van Beneden), *Phallusia mamillata*, *Phallusia papillosa*, *Cynthia microcosmus* ; deux *Molgulides*, dont l'une se trouve dans les fonds de 20 à 30 mètres et est souvent draguée par les bateaux-bœufs, et que je crois être la Molgule sociale ; l'autre très petite et très abondante sur les petits parcs à huîtres, et que j'ai prise pour la *Molgula nana* ; plusieurs espèces de *Botryllus*, et notamment le *Botryllus marionis* (Giard), le *Botrylloïdes rubrum* (M. Edw.), *Botrylloïdes protratum* (Giard) ; plusieurs Didemnides et d'autres genres indéterminés.

Digitized by Google

sance dans deux points voisins d'une couche commune située sous la membrane péritonéale qui tapisse, soit les parois somatiques de la cavité générale, soit la face extérieure du tube digestif.

OVOGENÈSE.

L'histoire de l'œuf doit nécessairement commencer par la constatation de son origine. J'ai particulièrement étudié l'ovogenèse chez la *Ciona intestinalis*, qui est extrêmement commune à Cette, et chez la petite Molgule des huîtrières, ou *Molgula nana*. Voici les principaux faits qui résultent de mes observations chez la *Ciona intestinalis*. L'ovaire est une masse en forme de haricot suspendue à la paroi du tube digestif, au niveau de l'union du renflement stomacal avec l'intestin, dans la concavité de l'anse intestinale. Il est rattaché au tube digestif par un repli péritonéal ou mésoarium. Sa surface présente plusieurs renflements qui indiquent qu'il est formé d'une série longitudinale de lobes qui viennent converger vers le mésoarium (*fig.* 1).

Si, chez une *très jeune* Ciona, on étale sur un porte-objet, dans leur position naturelle, l'anse du tube digestif et l'ovaire qui en occupe la concavité, et qu'on soumette la préparation à des grossissements variés, voici ce que l'on constate. L'estomac et l'intestin qui lui fait suite sont tapissés extérieurement par une membrane conjonctive qui joue le rôle de péritoine. Cette membrane, qui est une dépendance du mésoderme embryonnaire, est constituée par une lame de tissu conjonctif hyalin à fines granulations, présentant à sa face profonde de petits noyaux de $0^{mm},002$ à $0^{mm},004$ de diamètre. Ces noyaux renferment quelques granulations, et sont plongés au sein d'une substance intermédiaire qui ne paraît pas subdivisée en atmosphères distinctes. On est en réalité en présence d'un tissu conjonctif à substance fondamentale claire, finement granuleuse, sans cloisons et sans fibres, dans laquelle sont plongés des noyaux. C'est là une forme très générale parmi les tissus conjonctifs embryonnaires. Les noyaux se multiplient et forment ainsi de petits groupes qui

Digitized by Google

grossissent successivement. Les noyaux grossissent à leur tour. A cette phase, l'ovaire vu par sa surface offre l'aspect de la *fig.* 2, qui représente deux lobes voisins de l'ovaire d'une très jeune *Ciona*, le 25 janvier.

On y voit un amas de noyaux plongés dans une substance intermédiaire, qui ne présente pas en général de trace de segmentation en atmosphères cellulaires.

La dilacération de l'ovaire arrivé à cette phase fournit des préparations qui confirment pleinement le résultat de l'examen de la surface. Elle donne en effet des noyaux disséminés ou agglomérés, de dimensions variées, ayant entraîné avec eux une quantité toujours faible de substance intermédiaire *granuleuse* déchiquetée, déchirée et sans forme cellulaire définie, quoique le tissu ait été dilacéré dans l'acide picrique.

Il est bon de faire encore remarquer, à propos de la *fig.* 2, que la couche conjonctive nucléée est recouverte *immédiatement* d'une couche de cellules endothéliales très aplaties, à noyaux très délicats et très minces. Ces cellules ont un diamètre de $0^{m},006$ environ, qui s'accroîtra avec le développement de l'ovaire. Le traitement de la surface de l'ovaire par une solution de nitrate d'argent rend très nettement manifeste les cloisons de séparation de ces cellules, ainsi qu'on peut le voir sur la *fig.* 5, appartenant à une *Ciona* plus âgée. Cette couche endothéliale se retrouve toujours à la surface de l'ovaire et se montre toujours absolument étrangère à l'ovogenèse. C'est dans le tissu conjonctif sous-jacent à elle que ce dernier phénomène se produit.

Il résulte de ce que nous venons de dire que la masse de l'ovaire ne se forme pas, chez la jeune Ascidie, aux dépens d'éléments endothéliaux de la cavité générale, mais qu'elle se développe par la prolifération d'un tissu conjonctif embryonnaire sous-endothélial, qui double les parois intestinales.

Ce mode de formation des œufs ne se présente pas seulement chez la jeune *Ciona* à l'âge où elle acquiert ses organes sexuels, mais on l'observe chez un même individu plus âgé, à chaque retour de la période de formation des éléments sexuels. Si l'on

Digitized by Google

jette en effet les yeux sur les *fig.* 6 et 7, appartenant à l'ovaire d'une *Ciona*, on voit en *aa'* des noyaux allongés, aplatis, situés dans la couche superficielle du tissu conjonctif de l'ovaire. En divers points de la *fig.* 7, on voit que ces noyaux se sont multipliés par division et commencent à constituer de petits groupes, notamment en *a'*. Mais sur la *fig.* 6, on voit en *a'* un de ces groupes qui a pris une importance plus grande et qui est appelé à devenir le point de départ d'un groupe d'œufs.

Ces phénomènes de multiplication des noyaux du tissu conjonctif de l'ovaire ne se passent pas seulement à la surface de cet organe ; ils ont lieu également dans les parties profondes de l'ovaire. Il reste en effet, entre les œufs qui ont déjà atteint un certain volume, des noyaux qui prolifèrent à leur tour et qui constituent des groupes de noyaux susceptibles de devenir des œufs. Ces noyaux se voient *fig.* 7, et on les remarque en nombre assez considérable dans la *fig.* 8 de la même planche, qui appartient à la petite Molgule des huîtrières. Cette dernière figure représente une coupe faite perpendiculairement à l'axe de l'ovaire et montre le bord limitant une cavité centrale de l'ovaire. On y aperçoit quelques œufs assez gros, entourés d'un nombre considérable de noyaux, dont quelques-uns ont déjà même revêtu les caractères d'œufs.

Mais, même sur les coupes d'ovaire de *Ciona* qui constituent une masse parenchymateuse sans cavité centrale, on aperçoit, entre les œufs, des groupes de noyaux conjonctifs et des groupes de très jeunes œufs qui ont ainsi pris naissance dans les parties profondes de l'ovaire. Ces masses ou groupes de noyaux ont été vus et décrits par M. de Lacaze-Duthiers dans sa remarquable Monographie de la Molgule de Roscoff ; nous verrons seulement que l'éminent Zoologiste s'est mépris sur la signification qu'il fallait leur attribuer.

Par quel processus les noyaux du tissu conjonctif ovarien deviennent-ils des œufs ? C'est ce que nous allons examiner.

Parmi les noyaux qui primitivement avaient $0^{mm},003$ de diamètre, quelques-uns augmentent légèrement de grosseur en

Digitized by Google

devenant sphériques et atteignent de $0^{mm},004$ à $0^{mm},005$. Ils s'entourent ensuite d'une couche d'abord très mince de protoplasma qui se distingue de la substance fondamentale du tissu conjonctif parce qu'il est très clair, hyalin, et dépourvu de granulations.

Les limites de cette atmosphère hyaline, d'abord confuses, se précisent peu à peu à mesure que s'accroît l'épaisseur de la couche, et l'observateur se trouve alors en présence d'une véritable cellule complète, composée d'un noyau, avec un ou plusieurs nucléoles très petits, et entouré d'une couche périphérique mince de protoplasma hyalin, ainsi qu'on peut le voir sur quelques cellules de la périphérie de l'ovaire très jeune représenté dans la *fig.* 2.

Ces cellules, qui sont alors de véritables ovules très jeunes, mesurent, chez la *Ciona*, de $0^{mm},006$ à $0^{mm},007$. Elles sont généralement réunies et forment des groupes plus ou moins importants, comme dans *fig.* 3. Ces groupes peuvent s'accroître par la division des jeunes cellules ovulaires, ainsi que cela se voit *fig.* 4. Les cellules ovulaires acquièrent un volume plus considérable par l'augmentation de grosseur de leur noyau et par l'épaisseur de la couche protoplasmique.

Les nucléoles ont été produits par l'augmentation de volume d'une ou plusieurs des grosses granulations que nous avons observées dans le corpuscule conjonctif qui a servi de point de départ à l'œuf.

Plus tard, à la surface du protoplasma, apparaît une couche hyaline très délicate, de substance conjonctive anhiste, qui constitue la membrane externe amorphe (*Eikapsel* ou *Ovarium* de Ganin, *Korion* de Kupffer).

A cette période, l'œuf est uniquement composé des parties sus-nommées et constitue donc une cellule simple à enveloppe amorphe très délicate.

Il est bon de faire remarquer que tous les corpuscules conjonctifs de l'ovaire ne subissent pas à la fois les mêmes transformations, et qu'à côté de cellules ovulaires déjà bien caractérisées

Digitized by Google

se trouvent des noyaux conjonctifs qui ont conservé leurs caractères primitifs.

C'est ce dont on peut se rendre bien compte sur les *fig.* 8 et 9. Il est même bon de faire remarquer que dans un même ovaire on peut observer tous les degrés de développement de l'œuf, depuis son état de corpuscule conjonctif jusqu'à sa maturité. Sur de jeunes sujets chez lesquels les œufs n'ont pas encore atteint la maturité, on peut obtenir des préparations où s'embrassent nettement les degrés successifs de formation de la cellule ovulaire. Telle est la préparation représentée dans la *fig.* 9, où l'on voit une portion d'ovaire de *Ciona* obtenue par dilacération. Vers le centre, le tissu conjonctif légèrement fibrillaire présente de petits noyaux qui progressivement se transforment, vers la périphérie de l'ovaire, en cellules ovulaires de plus en plus volumineuses. Je dois faire remarquer qu'entre les œufs déjà formés se trouvent de petits noyaux conjonctifs. Les œufs les plus jeunes de cette préparation ont $0^{mm},008$, les plus gros ont $0^{mm},016$, tandis que les noyaux ont de $0^{mm},0016$ à $0^{mm},003$.

Je viens d'exposer le résultat de mes observations sur l'origine et le processus de formation des parties que l'on peut considérer comme parties constituantes de l'œuf encore jeune et dépourvu des parties accessoires que nous étudierons ultérieurement.

Pour moi, l'œuf arrivé à ce degré de développement est le résultat des processus successifs suivants :

1° Augmentation de volume d'un corpuscule de tissu conjonctif à caractère embryonnaire ;

2° Acquisition, par ce corpuscule devenu sphérique, d'une atmosphère de protoplasma hyalin ;

3° Accroissement de volume d'une ou plusieurs grosses granulations du corpuscule conjonctif ;

4° Formation d'une enveloppe ou membraneuse amorphe.

Le corpuscule conjonctif forme le nucléus de l'œuf ; sa granulation grossie, le nucléole ; l'atmosphère de protoplasma

Digitized by Google

constitue le vitellus primitif de l'œuf ; enfin l'enveloppe amorphe est une sorte de membrane vitelline due au tissu conjonctif.

Le sujet que je viens de traiter, et dont les difficultés n'échapperont à aucun de ceux de mes lecteurs qui connaissent les recherches de cette nature, a été très rarement abordé. Aussi ne puis-je passer sous silence une publication récente dont les conclusions diffèrent notablement de celles que je viens de formuler. Oswald Seeliger a publié, il y a quelques mois seulement, sur l'ovogenèse et le bourgeonnement de la *Clavelina lepadiformis* [1], des observations que je désire exposer et discuter.

Seeliger n'a étudié l'ovogenèse que sur des individus provenant du bourgeonnement. Chez ces individus, l'ovaire ne se forme que très tard et alors que presque tous les organes sont déjà formés. Il provient de l'agglomération de cellules mésodermiques libres vers la face dorsale, entre l'estomac et le rectum. Ces cellules sont de différentes grosseurs, mais très petites, *difficiles à observer quant à leur structure*, et la plupart ne permettent pas, même quand elles sont agglomérées, de leur reconnaître un noyau avec netteté.

La substance du noyau semble disséminée dans le plasma sous forme de grosses granulations. On retrouve d'ailleurs des cellules semblables, même dans les ovaires déjà âgés. Leur multiplication est d'autant plus rapide que les éléments de nutrition sont plus abondants.

Le premier phénomène de la transformation de ces cellules en véritables œufs est la formation d'un noyau *relativement gros*. « *Les faibles dimensions des éléments*, dit Seeliger, *rendent extrêmement difficile d'apporter clarté et certitude* dans cette *subtile question* .» Néanmoins, les données suivantes lui paraissent répondre *peut-être* complètement à la vérité.

Les granulations de substance nucléaire répandues dans la

[1] *Eibildung und Knospung von Clavelina lepadiformis*, mit 3 Taf. (*Arbeit. aus d. zool. verçl.-anat. Instit. der Univ.* Wien. Sitzb. *d. K. Akad. d. Wissensch.* I Abth., Mai-Heft, 1882.)

Digitized by Google

cellule diminuent de nombre et se réunissent en un noyau unique un peu excentrique. En même temps, la cellule grossit rapidedement. Enfin les plus grosses particules nucléaires disparaissent du plasma, et un gros noyau homogène, se colorant fortement par le carmin, se trouve formé et semble suspendu dans un plasma clair et liquide. La substance cellulaire propre de la cellule mésodermique libre primitive a subi en même temps une modification. Au début, elle est assez sombre; mais tandis que les particules nucléaires se sont transformées en un noyau par leur transport vers le centre, une disposition inverse se produit dans la substance de la cellule. Une couche foncée se colorant fortement par les réactifs se forme à la périphérie, tandis que le noyau est entouré d'un plasma clair et liquide.

L'exposé qui précède, quoique traduit presqué textuellement, laisserait quelque obscurité dans l'esprit du lecteur si je n'y ajoutais la manière dont Seeliger établit les assimilations entre les diverses parties dont il est question et les parties mêmes de l'œuf. Pour lui, le premier nucléus formé par la concrescence des granulations de la cellule mésodermique constitue en réalité le nucléole de l'œuf; la *plus grande partie de la substance* de la cellule mésodermique (*der weitaus grössere Theil der Zellsubstanz*), substance claire, centrale, disposée autour du nucléole, constitue le nucléus de l'œuf. Il n'y a qu'une très petite portion de la substance cellulaire primitive (*nur ein ganz kleiner Theil*), portion sombre foncée entourant la couche claire, qui prenne part à la formation de la substance foncée de l'œuf, c'est-à-dire du vitellus proprement dit. Ce dernier s'accroît surtout par l'absorption des liquides nutritifs et par la résorption des cellules mésodermiques environnantes.

Toutes les cellules mésodermiques agglomérées pour former le rudiment de l'ovaire subissent-elles ces transformations ? Nullement, répond Seeliger. Dans un certain rayon, il n'y a qu'une cellule qui se transforme en œuf, tandis que les cellules voisines n'ont pas du tout le même sort. Les cellules les mieux situées pour recevoir des éléments nutritifs se développent, tandis que

Digitized by Google

les autres restent stationnaires, mais participent au développement de l'œuf, puisque leur substance passe comme élément nutritif dans les cellules qui se transforment en œufs.

Seeliger a vu qu'il n'y a pas de *limite précise* entre les jeunes œufs et les cellules mésodermiques voisines. De très bonne heure, quelques-unes de ces cellules pénètrent dans l'œuf, se mêlent à lui et contribuent à son accroissement rapide. On peut *observer même cette fusion des cellules mésodermiques avec quelques œufs plus âgés*. Il arrive même souvent que *plusieurs cellules se fusionnent en une masse dans laquelle on ne peut distinguer les cellules. Plus tard, cette masse de plasma passe comme matériaux de nutrition dans la cellule ovulaire voisine*, et semble contribuer uniquement à l'accroissement de la substance foncée de l'œuf.

Telle est, résumée fidèlement, l'opinion de Seeliger sur l'ovogenèse. Le lecteur a déjà remarqué qu'elle diffère assez peu de celle que j'ai exposée précédemment. Pour moi, le corpuscule mésodermique conjonctif appelé à devenir un œuf grossit et acquiert une couche de protoplasma hyalin qui est le rudiment du vitellus. Le corpuscule mésodermique constitue le nucléus. Pour Seeliger, la cellule mésodermique tout entière ne constitue pas le nucléus de l'œuf futur; ce dernier se forme seulement par la concentration en un noyau clair de la partie centrale de la substance cellulaire de la cellule mésodermique. La partie périphérique de cette dernière forme le vitellus foncé de l'œuf, qui, d'abord très peu important, s'accroît rapidement par des apports de l'extérieur.

Il faut remarquer que cette dernière portion de la substance de la cellule, à laquelle Seeliger attribue la constitution de la première zone vitelline, est, d'après lui, *extrêmement faible*.

Pour moi, elle est *nulle*, et *toute* la substance cellulaire primitive contribue à la formation du noyau. Le vitellus de l'œuf est une acquisition entièrement nouvelle ; c'est là la seule différence entre nos deux interprétations.

Je n'ai point fait d'observations sur l'espèce d'Ascidiens étudiée par Seeliger ; mais je puis affirmer que dans les très nom-

Digitized by Google

breuses observations que j'ai faites sur des espèces variées, la transformation des cellules du tissu conjonctif embryonnaire de l'ovaire en œufs m'a clairement paru suivre le processus que j'ai décrit.

Pour que les vues de Seeliger fussent possibles, il faudrait que le noyau de la cellule ovulaire, au moment où elle vient d'acquérir sa dignité d'œuf, différât considérablement des corpuscules environnants, qui n'ont pas subi de modification. Or, il n'en est rien : le noyau de la cellule revêtu d'une couche de protoplasme hyalin est, *dès le début*, aussi gros et même plus gros que les corpuscules environnants. En outre, il possède *exactement* encore alors la même structure que ces corpuscules ; il se comporte *exactement* comme eux vis-à-vis des réactifs colorants, et il renferme de grosses et de petites granulations *exactement* semblables à celles des corpuscules non modifiés (*fig.* 2, 3, 6, 7, 8, 9). Ce n'est que plus tard que surviendront les modifications qui établissent entre le noyau et le protoplasme de l'œuf des relations inverses, le protoplasme perdant sa transparence *autour du noyau d'abord*, par suite du dépôt des granulations sombres du vitellus.

Quant aux corpuscules voisins qui ne se transforment pas en œufs, je ne m'oppose point à ce qu'on les considère comme pouvant fournir par endosmose, à l'œuf voisin, des éléments de nutrition ; mais je ne saurais admettre leur *incorporation* progressive dans le protoplasma de l'œuf, incorporation qui serait la source des granulations vitellines. Les observations de Seeliger sont très évidemment entachées d'erreur sur ce point ; dans aucune de mes observations, pourtant très nombreuses et ayant porté sur des types variés, il ne m'a été donné d'observer rien de semblable. Toujours, même sur les œufs les plus jeunes, j'ai trouvé le vitellus bien délimité du corps des petites cellules voisines, et je n'ai pu apercevoir cette confusion des bords de l'œuf avec les corpuscules qui sont en contact avec lui, telle que l'a représentée Seeliger. Mais, par contre, il m'est aisé de trouver dans les faits que j'ai recueillis des apparences faciles à expliquer, qui

Digitized by Google

ont trompé Seeliger, et qui permettent de comprendre l'erreur dans laquelle il est tombé. Je ne puis exposer ces faits que quand j'aurai traité de la capsule de l'œuf et des cellules folliculaires, ce qui va faire le sujet du paragraphe suivant.

DE LA CAPSULE DE L'ŒUF ET DES CELLULES FOLLICULAIRES.

L'œuf, ai-je déjà dit, est recouvert, à cette période de son développement, d'une membrane amorphe (*Eikapsel* ou *Ovarium* de Ganin, *Korion* de Kupffer). *En dedans* de cette capsule, entre le vitellus et la capsule, apparaît une couche de cellules aplaties, fusiformes vues de profil, et polygonales vues de face. Cette couche, ou couche des cellules folliculaires, appelée *coque* par d'autres auteurs, mérite d'arrêter notre attention (*fig.* 10, 11 *a b*).

Quelle est l'origine et la nature de la membrane amorphe et des cellules sous-jacentes ?

La membrane amorphe est très probablement due à la substance fondamentale du tissu conjonctif de l'ovaire. On ne saurait la considérer comme une membrane vitelline, car elle n'appartient pas seulement à l'œuf et n'est pas un produit du vitellus. Dans certains cas, en effet, elle forme une enveloppe pédonculée qui s'isole fort bien dans quelques préparations et qui met en évidence la structure en grappe de l'ovaire. Tel est le cas pour la *fig.* 10, représentant un œuf jeune de *Molgula socialis*, et pour la *fig.* 12, qui représente un groupe de jeunes œufs de *Ciona intestinalis*. Des pédoncules, parallèles pour un même groupe d'œufs, constituent un faisceau conjonctif finement strié, tel qu'on le voit dans la *fig.* 9. M. de Lacaze-Duthiers a également observé ce pédoncule chez la *Molgula roscovita*.

Quant aux cellules folliculaires, il y a lieu de discuter leur origine et leur signification.

Ces cellules apparaissent à une époque un peu variable, si l'on en juge par les dimensions des œufs. Mais, de très bonne heure cependant, quand la couche de protoplasma de l'œuf a acquis une certaine épaisseur, on voit apparaître à la surface

Digitized by Google

de ce protoplasma des éléments très aplatis, ayant, vus de profil, la forme d'un trait parfois à peine visible. Ces éléments sont disséminés à la surface du vitellus et sont d'abord peu nombreux. Ils sont si plats qu'on ne les aperçoit que de profil, et on ne peut distinguer en eux ni noyau ni protoplasme. Plus tard, ces éléments grandissent considérablement et constituent autour de l'œuf une enveloppe dont la forme varie parfois suivant l'espèce, et sur laquelle je reviendrai. Mais avant d'exposer les modifications et la destinée ultérieure de ces éléments qui deviendront des cellules, je dois exposer quelques-unes des opinions qui ont été émises à leur sujet.

Je n'insisterai pas sur les observations de Van Beneden [1], qui, quoique ayant bien décrit cette couche de cellules, a mêlé des confusions regrettables à des observations justes. Je dois cependant noter ici que Van Beneden a vu les cellules du follicule se former à la périphérie du vitellus. « Vers la périphérie du vitel»lus, dit-il, les globules s'organisent et se soudent entre eux ; ils »forment une membrane qui *ne nous semble pas être encore le blas»toderme*. Ce n'est pas sur un point du vitellus que cette couche »se forme, mais bien tout autour, pour former, non un disque, »mais un sac sans ouverture ». « ..... Bientôt tout le vitellus est »bosselé à sa surface..... Les bosselures s'effacent et la surface »du vitellus devient plus unie. Le milieu de l'œuf est resté liqui»de ; les *mamelons de la périphérie se soudent en une mem»brane : c'est le blastoderme* ». On voit donc que Van Beneden considère les cellules du follicule comme naissant à la périphérie du vitellus, et qu'il pense qu'elles constituent ultérieurement le blastoderme. La dernière de ces assertions est une erreur qu'a fort justement relevée M. de Lacaze-Duthiers. Nous verrons ultérieurement ce qu'il faut penser de la première.

Kupffer [2] décrit l'œuf pondu comme recouvert d'une enveloppe

---

[1] P.-J. Van Beneden; *Recherches sur l'embryog., l'anat. et la physiol. des Ascidies.* (*Mémoires de l'Acad. roy. de Belgique*, XX, 1847.)

[2] Kupffer; *Zur Entwick. der einfachen Ascidien.* (*Arch. f. mic. Anat.*, Bd. VIII.)

Digitized by Google

délicate, revêtue à l'*extérieur* d'une couche unique de cellules du follicule arrondies en *demi-sphères*.

M. de Lacaze-Duthiers a également décrit la couche folliculaire et en a étudié les relations et l'origine. Pour lui comme pour Kupffer, qu'il cite à son appui, les cellules du follicule ne naissent point à l'*intérieur* de l'enveloppe amorphe de l'œuf ovarien, mais toujours à l'*extérieur*. « On a décrit, dit-il[1], une »couche de cellulose enveloppant l'œuf ovarien, et l'on a dit que »c'est à la *face interne* de cette couche ou follicule qu'apparais»sent les cellules dont il vient d'être question. Mais lorsque ces »cellules ont pris le développement qui vient d'être indiqué »(forme demi-sphérique de cellules donnant un aspect framboisé »à l'œuf), où se trouve cette enveloppe ? s'est-elle amincie et »modelée sur la surface externe de cette production ? Une *ré»ponse est nécessaire* si l'on veut expliquer l'aspect d'indépen»dance de chacune de ces cellules, qui composent probablement »ce que l'on a nommé la *coque*.

»J'avoue, pour mon compte, dans notre Molgulide, n'avoir »jamais rencontré une membrane quelconque en dehors de ces »cellules... Si, multipliant les études, on cherche, en déchirant »les parcelles du stroma de l'ovaire, à obtenir les ovules bien »dégagés, presque toujours l'on rencontre des ovules suspendus »par un pédoncule, lequel est quelquefois enfoncé et perdu au »milieu d'un amas de corpuscules; ailleurs, dans la préparation, »c'est un œuf bien entouré de son enveloppe transparente, pro»longée ensuite en appendice, dont les attaches sont rompues et »dont les cellules extérieures se désagrègent et sont évidemment »en dehors de toute membrane. Pour toutes ces raisons, il nous »est impossible de nous ranger, en ce qui concerne notre Molgu»lide du moins, à l'opinion qui considère ces corpuscules externes »ou folliculaires comme étant nés à la face interne d'une enve»loppe cellulosique.

---

[1] H. de Lacaze-Duthiers ; *Les Ascidies simples des côtes de France*. (*Arch. de Zool. expér.*, III, 1874, pag. 585, 586, 587, *passim*.)

Digitized by Google

»L'étude de l'œuf *entre ces deux états* extrêmes conduit à la »même opinion. »

En résumé, pour M. de Lacaze-Duthiers, il n'existe pas de membrane en dehors des cellules du follicule. Il en existe une au-dessous seulement, qui se continue avec le pédoncule de l'œuf. Enfin les cellules du follicule ne sont autre chose que des *corpuscules transparents sphériques* qui occupent dans l'ovaire *tous les interstices des œufs*, et qui entourent par conséquent les œufs en dehors de la membrane.

J'ai tenu à citer textuellement l'opinion d'un Zoologiste éminent, telle qu'elle est formulée dans un mémoire devenu classique.

Je dis d'ores et déjà que je ne la crois pas conforme à la vérité et que je rendrai compte ultérieurement des apparences qui ont trompé la sagacité de M. de Lacaze-Duthiers.

Mais avant, je désire exposer l'opinion émise par Seeliger dans le mémoire déjà cité.

»Tandis, dit Seeliger, que quelques cellules libres du méso»derme composant l'ovaire passent entièrement dans l'œuf, d'au»tres conservent plus longtemps leur individualité cellulaire et »se bornent à contracter avec l'œuf des relations plus étroites. »Elles se transforment en cellules du follicule qui jouent surtout »un rôle de protection. Ce processus se montre à une *période très »précoce* de l'ovogenèse, et, *par suite, il n'est pas toujours possible »de distinguer* si les cellules mésodermiques en question se trans»forment en *cellules du follicule ou si elles sont résorbées direc»tement dans la couche sombre de l'œuf.* Dans un *très grand nom»bre de cas,* la cellule folliculaire n'est qu'un *terme de passage, »qu'un état transitoire, et doit être absorbée ultérieurement par la »couche sombre.* »

D'après Seeliger, les cellules mésodermiques, en devenant cellules folliculaires, s'aplatissent extrêmement, de manière à recouvrir une partie très importante de la surface du jeune œuf. La formation du follicule par la rencontre de ces cellules est *assez indépendante de la grosseur de l'œuf,* puisque souvent des œufs

Digitized by Google

d'une belle grosseur manquent de follicule, tandis que celui-ci est déjà formé sur des œufs beaucoup plus petits.

Par contre, la formation de l'épithélium folliculaire détermine ou permet d'apprécier le degré de développement de l'œuf, d'où il résulte que des œufs plus petits peuvent parfois être plus développés que des œufs plus gros. Quand le follicule est entièrement formé, toutes les autres parties de l'œuf le sont également.

Ainsi donc, pour Seeliger, les cellules du follicule proviennent des cellules mésodermiques libres, situées autour de l'œuf qui se développe. Le premier phénomène du processus de formation du follicule est l'aplatissement des cellules mésodermiques libres. L'origine du follicule remontant à une période très précoce de développement de l'œuf, la cellule du follicule occupe une portion importante de la périphérie de l'œuf. *La substance nucléaire se concentre également dans les cellules folliculaires* pour constituer leur noyau.

Le nombre des cellules folliculaires augmente toujours jusqu'à ce que l'œuf soit entièrement enveloppé. Au début, les cellules sont plus ou moins nettement distinctes. Plus tard, lorsque, l'œuf grossissant, le nombre des cellules limitées folliculaires s'est accru par les nouvelles transformations de cellules mésodermiques et vraisemblablement aussi par voie de division, et que ces cellules sont pressées les unes contre les autres, leurs limites s'effacent de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin on ne distingue plus que des noyaux dans une couche assez épaisse de protoplasma partiellement granuleuse.

Après avoir ainsi fidèlement analysé les principales opinions émises sur l'origine de la couche folliculaire, je dois exposer mes vues à cet égard, car elles diffèrent notablement de celles qui ont eu cours jusqu'à présent.

L'œuf très jeune, formé d'un nucléus, d'un nucléole et d'une zone étroite de protoplasme clair et hyalin, est parfaitement délimité; sa surface est nette, et, quoi qu'en dise Seeliger, ne se con-

Digitized by Google

fond nullement avec la masse des petites cellules environnantes. Il n'est pas encore pourvu de cellules folliculaires à sa périphérie; seulement on trouve autour de lui des granulations qui sont ordinairement en petit nombre et situées au niveau des carrefours formés par la rencontre de plusieurs œufs. Ces granulations réfringentes font saillie à la surface de l'œuf et n'influent en rien sur la forme de celui-ci. On en voit dans la *fig.* 55 *c*, sur des œufs relativement jeunes, ayant de $0^{mm},03$ à $0^{mm},05$. Mais on aperçoit en même temps sur certains points de la surface de l'œuf des bandes très aplaties, à coupe fusiforme très allongée, qui sont logées dans une excavation superficielle du vitellus et semblent faire partie de celui-ci, dont ils ne se distinguent que par un degré plus grand de réfringence et par une structure plus homogène et plus finement granuleuse.

Ce ne sont pas de vrais noyaux, car ils se colorent très faiblement par le carmin; Seeliger les considère comme des cellules chez lesquelles le noyau n'apparaît que plus tard, par une concentration de substance nucléaire comparable à celle qu'il a décrite pour l'œuf lui-même. Il est plus juste de dire que ce sont des plaques ou lames de protoplasme hyalin assez réfringent, et dans lesquelles, à cette époque, les divers éléments de la cellule ne sont pas encore différenciés.

Il est bon de faire remarquer que l'apparition de ces lames ou corpuscules folliculaires commence par un petit nombre, un, deux, et que le nombre s'accroît ensuite progressivement jusqu'à ce que la périphérie de l'œuf en soit couverte.

On ne saurait donc, comme le fait M. de Lacaze-Duthiers, leur attribuer pour origine des corpuscules ovariens extrêmement petits qui *entoureraient* et *engloberaient par leur réunion les œufs les plus jeunes*. On peut s'assurer que les groupes d'œufs très jeunes ne sont point, en réalité, entourés et englobés par ces corpuscules ou granules très petits. Ainsi que je l'ai dit, on en trouve çà et là quelques-uns seulement au niveau des carrefours, et on peut constater que l'on n'observe pas réellement des formes de passage bien évidentes entre ces corpus-

Digitized by Google

cules extérieurs à l'œuf et les noyaux de la capsule. D'ailleurs on peut remarquer de très bonne heure, sur des œufs à la surface desquels un ou deux de ces corpuscules externes font saillie, qu'ils sont déjà séparés du vitellus de l'œuf par une membrane très-fine ; que les corpuscules folliculaires sont recouverts par cette membrane et appliqués par elle contre le vitellus, ce qui explique à la fois leur aplatissement et l'impression en creux, destinée à les loger, qu'ils produisent à la surface de l'œuf. L'influence du simple voisinage de l'œuf ne suffirait pas à expliquer ces deux phénomènes. La pression réciproque des œufs ne suffirait pas non plus, car nous verrons que la puissance d'expansion et de croissance de l'œuf est susceptible de chasser ces cellules folliculaires à une époque où les œufs, étant plus volumineux, exercent entre eux une pression réciproque au moins aussi considérable qu'au début.

Mes observations me prouvent d'une manière *très claire* et *très certaine* que, contrairement à l'opinion de M. de Lacaze-Duthiers, les corpuscules folliculaires se trouvent, dès l'origine, au-dessous ou en dedans de l'enveloppe amorphe de l'œuf, et qu'il faut en chercher la source, non point dans les parties extérieures à l'enveloppe capsulaire, mais dans les parties intérieures.

Soit chez *Ciona intestinalis,* soit chez la Molgule des huîtrières, soit chez *Ascidia grossularia*, soit chez *Ascidia villosa*, j'ai toujours observé que chez les œufs, encore jeunes, où les cellules folliculaires étaient représentées par des disques très aplatis et à coupe fusiforme très grêle, ces disques étaient situés sous une capsule amorphe très délicate. L'existence de cette capsule n'est pas toujours facile à constater, mais sa présence est rendue parfois très évidente par suite de l'action de certains réactifs. Ainsi, par exemple, sur les *fig.* 18, *fig.* 20, qui représentent des œufs de *Ciona intestinalis* de taille différente, l'action prolongée du carmin de Beale a détaché de la surface de l'œuf la capsule amorphe très délicate et a permis de constater que les cellules folliculaires étaient bien en réalité placées à la surface du vitellus et au-dessous de la capsule amorphe. Je signale particulièrement

Digitized by Google

à l'attention du lecteur l'œuf de la *fig.* 18, qui avait $0^{m},03$ de diamètre et chez lequel les cellules folliculaires sont encore sous la forme de traits fusiformes très fins. Ces cellules sont restées *adhérentes* à la surface du vitellus, et aucune n'est restée attachée à la face interne de la capsule amorphe.

Sur l'œuf de la *fig.* 20, qui est plus avancé, les cellules ont perdu en partie leur forme aplatie et la plupart sont restées attachées au vitellus.

Sur la *fig.* 21, appartenant à la Molgule des huîtrières et ayant $0^{mm},07$, sous l'influence prolongée du carmin de Beale et de la glycérine acétique, toutes les cellules folliculaires sont restées adhérentes au vitellus, et la capsule amorphe en est très nettement séparée par un intervalle assez grand. Sur plusieurs œufs de la *fig.* 6, on peut constater le même phénomène. J'ai observé le même fait sur des œufs jeunes d'*Ascidia grossularia*.

Un procédé qui m'a permis de voir très nettement la situation relative de la capsule amorphe et des cellules folliculaires, a consisté à traiter les œufs pendant un certain temps, variant de 5 à 10 minutes, par une solution de nitrate d'argent à 3 0/0. Les œufs, bien lavés à l'eau distillée avant et après l'opération et exposés à la lumière, montraient, comme celui de la *fig.* 23, les cellules folliculaires incolores appliquées à la surface d'un vitellus noirci par la réduction de l'argent. Le vitellus rétracté et ayant entraîné les cellules folliculaires était largement séparé de la capsule amorphe.

Mais d'ailleurs on peut parfois apercevoir nettement la membrane, même alors qu'elle n'est pas séparée de l'œuf, et constater directement que les cellules folliculaires sont situées au-dessous d'elle (*fig.* 22).

Si j'ai si longuement insisté sur la situation relative de la capsule amorphe et des cellules folliculaires, c'est parce que M. de Lacaze-Duthiers a affirmé que la capsule amorphe était située au-dessous des cellules folliculaires. L'opinion du savant Professeur de la Sorbonne est le résultat d'une confusion que j'expliquerai dans un moment.

Digitized by Google

Mon avis n'est d'ailleurs pas isolé, puisqu'il est celui de plusieurs naturalistes, et entre autres de Giard[1], dont la compétence sur l'anatomie et l'embryogénie des Ascidies ne saurait être contestée.

Puis donc, je le répète, que les cellules folliculaires sont dès leur apparition situées à la face interne de la capsule amorphe, il y a d'ores et déjà quelque présomption pour que ces cellules tirent leur origine des parties qui sont situées dans la capsule, c'est-à-dire des parties mêmes de l'œuf. C'est là la question que je vais examiner actuellement. Elle est extrêmement délicate et a longuement attiré mon attention. Voici les résultats qui m'ont paru devoir ressortir de son étude prolongée et de mes observations extrêmement nombreuses et faites sur différentes espèces.

L'œuf, très jeune, est d'abord composé d'une sphère de vitellus clair, au sein de laquelle se trouve un nucléus qui renferme généralement un seul nucléole, mais quelquefois deux, très rarement davantage. Le nucléole renferme parfois un nucléolin. A la surface du protoplasme vitellin s'organise bientôt une membrane, très délicate d'abord, qui sera la capsule amorphe, et dont l'origine doit être très probablement rapportée à la substance intermédiaire amorphe du tissu ovarien.

Mais bientôt on voit apparaître à la surface du vitellus, entre lui et l'enveloppe amorphe, sur des points éloignés les uns des autres, et par conséquent rares au début, des plaques arrondies de substance claire très finement granuleuse, qui se séparent ainsi du vitellus et dont la coupe représente des fuseaux très minces et très effilés. Ces disques, très aplatis, très minces, sont d'étendues très variables, et à cause de leur transparence ne peuvent être aperçus que de champ sur les limites du vitellus ; ils prennent alors une teinte sombre qui provient de ce qu'on voit les surfaces limitantes et le contenu en raccourci, et par conséquent sur une grande épaisseur. La substance qui constitue ces

[1] Giard ; *Étude critique des travaux d'embryog. relatifs à la parenté des Vertébrés et des Tuniciers.* (*Arch. de Zool. expér.*, I, pag. 238, 1872.)

Digitized by Google

disques lenticulaires est hyaline, avec de très fines granulations, et se distingue par là du vitellus voisin, qui est de teinte plus sombre, à granulations plus grosses, et parfois même coloré.

Si l'on observe ces disques ou lames superficielles quand elles viennent d'apparaître à la surface du vitellus, on peut, avec un très fort grossissement, remarquer qu'il n'y a pas d'abord entre eux et le vitellus qu'ils recouvrent une ligne de séparation très nette et régulière. On aperçoit en effet, sur la ligne de contact, des inégalités, des irrégularités (*fig.* 27 *c*).

La surface de séparation est occupée par des granulations et présente des sinuosités et de très petites saillies. On ne peut interpréter rationnellement cette apparence qu'en la regardant comme due à l'élimination, par la surface du vitellus, d'une substance claire qui se sépare de la substance granuleuse ou foncée en entraînant à une petite distance quelques granulations. Ultérieurement, la surface de séparation devient régulière et la ligne qui l'indique est nette et parfaitement distincte. Le plasma clair, ainsi isolé, peut d'ailleurs se présenter sur une surface assez étendue de l'œuf et constituer par là, non pas seulement une lentille, mais une calotte plus ou moins grande, dont la face concave est d'abord irrégulièrement sinueuse (*fig.* 28 *a* et *b*).

Les disques lenticulaires, d'abord très minces et se dessinant parfois sous la forme d'un simple trait sombre à la surface du vitellus, peuvent se multiplier sous cette forme et entourer la coupe de l'œuf tout entier (*fig.* 24) d'une sorte de ligne polygonale sombre ; ou bien, avant de se multiplier par l'adjonction de nouveaux disques, les disques du début sont parfois épais et présentent ainsi une forme lenticulaire plus accentuée. Ils peuvent alors faire une légère saillie à la surface de l'œuf ; mais ils creusent surtout leur place sous forme de concavité sur la surface du vitellus, car leur situation au-dessous de la membrane amorphe et la pression de cette dernière ne leur permettent qu'une expansion modérée vers l'extérieur (*fig.* 25 *a*, 26, 29, *a*, *b*. *c*). Néanmoins, il peut arriver, quand la membrane amorphe est très mince, ce qui a lieu chez les œufs très jeunes, que la len-

Digitized by Google

tille fasse surtout saillie au dehors (*fig.* 29 *d*), et c'est là ce qui a fait croire aux observateurs qui m'ont précédé que les lentilles hyalines du début étaient réellement des cellules *extérieures* à l'œuf et venant s'appliquer à sa surface. Mais l'étude des phénomènes prouve qu'il en est autrement : l'aplatissement si prononcé des disques et leur extension très considérable ne sauraient réellement se comprendre sans l'existence d'une membrane limitante extérieure à l'œuf; et d'ailleurs cette membrane, très difficile à constater aux premières phases de la formation de l'œuf et des lentilles périphériques, s'accentue bientôt d'une manière suffisante pour qu'il ne soit pas permis d'émettre un doute à son égard. Cette membrane est, de plus, indépendante des disques lenticulaires, puisque le séjour prolongé dans certains réactifs, et notamment dans l'eau de mer, produit par endosmose une accumulation de liquide entre la membrane et le vitellus, ou bien un retrait de ce dernier, de telle sorte que la membrane devient libre et séparée du vitellus, à la surface duquel restent appliqués les disques lenticulaires (*fig.* 18).

Cela se produit même quelquefois, mais très rarement, chez de très jeunes œufs, où l'on voit une cellule folliculaire unique située dans un espace compris entre le vitellus et la membrane amorphe (*fig.* 45, 52). Je l'ai, pour ma part, observé deux ou trois fois très nettement.

A cette phase de début des cellules de la capsule, succèdent des processus ou phases d'organisation ; les disques croissent en nombre, soit par production directe sur d'autres points de la surface du vitellus, soit par extension et subdivision des disques existants. Dans ce dernier cas, la couche hyaline qui recouvre le vitellus étend son diamètre et se segmente. En même temps, cette couche gagne en épaisseur, de telle sorte que bientôt la surface du vitellus est occupée par une suite ininterrompue d'excavations remplies de lentilles de substance claire, qui tendent à se séparer par des cloisons très minces et très difficiles à apercevoir (*fig.* 19). Ensuite, au sein de chacune de ces lentilles se forme un noyau petit, aplati, discoïde, autour duquel naissent de

Digitized by Google

grosses granulations brillantes, soit incolores (*Ciona intestinalis*, *Ascidia grossularia*, *Molgula nana*), soit colorées en jaune (*Ascidia villosa*, *canina*, *Phallusia cristata*). Les lentilles, acquérant plus d'épaisseur, pénètrent dans le vitellus par leur face interne convexe et ont chacune la forme d'une lentille épaisse, plan-convexe. Elles sont contenues par la membrane amorphe, qui est très nettement visible à leur surface et dont la pression s'oppose à ce qu'elles fassent saillie extérieurement (*fig.* 30 *a*). Mais alors la membrane capsulaire cède sous la pression centrifuge des cellules ; elle s'amincit et disparait progressivement (*fig.* 15, B), et les cellules font saillie à la surface de l'œuf, qui prend un aspect mûriforme très prononcé. C'est cet aspect que représentent les figures de M. de Lacaze-Duthiers et qui ont fait naître dans l'esprit du savant Naturaliste la pensée que les cellules folliculaires faisaient toujours saillie à la surface de l'œuf et étaient situées en dehors de la membrane amorphe. Il est vrai de dire qu'au-dessous de ces cellules apparaît en effet une membrane qui est directement en contact avec le vitellus, la seule que M. de Lacaze-Duthiers ait vue, et dont je dois expliquer l'origine, ce que je ferai en exposant la suite des transformations des cellules folliculaires.

Le vitellus croissant en dimensions, les cellules folliculaires, dont le volume augmente aussi, font de plus en plus saillie à la surface de l'œuf (*fig.* 17) ; la membrane externe s'atrophie et disparaît (*fig.* 15, B), chacune des cellules restant à la surface de l'œuf comme cellule libre par la plus grande partie de sa surface et adhérente seulement par la face qui regarde le vitellus (*fig.* 15, 16). Ces faces internes adhérentes constituent par leur union une membrane continue à la surface de l'œuf, membrane qui acquerra plus tard une existence propre et indépendante des cellules folliculaires qui la tapisseront extérieurement (*fig.* 15, 16, 31). Mais en même temps les cellules folliculaires subissent dans leur intérieur et dans leurs formes des modifications remarquables.

Tantôt, comme dans *Molgula socialis*, elles restent simples et leur noyau grossit considérablement (*fig.* 31) ; tantôt, comme dans

Digitized by Google

Ascidia villosa, l'intérieur de ces cellules se cloisonne (*fig.* 32) et les cellules croissent considérablement ; elles constituent de longs troncs de cône à structure aréolaire posés comme des pavés à la surface de l'œuf (*fig.* 32, 33, 34). Ultérieurement, tous ces compartiments grandissent et finissent par former autour de l'œuf un tissu aréolaire à grandes mailles, composé de grandes cellules polyédriques ou sphériques, à parois minces, à contenu hyalin, et dans l'intervalle desquelles se sont placées les granulations des cellules folliculaires primitives (*fig.* 34, 35).

Enfin, chez les *Ciona intestinalis* chaque cellule cloisonnée forme un cône à parois très délicates, ayant son noyau au centre et donnant à l'œuf la forme d'une sphère hérissée (*fig.* 40).

En même temps, je le répète, la paroi basilaire de ces masses aréolaires, qui ont remplacé les cellules folliculaires, s'épaississent et constituent une membrane de laquelle pourront se détacher ultérieurement les masses aréolaires, et qui formera ce que j'appellerai la *membrane sous-capsulaire*, qui peut dans certains cas acquérir une épaisseur remarquable (*fig.* 35, 38).

Je dois ajouter que chez les Ascidies composées, telles que *Botryllus*, *Botrylloïdes*, *Didemnum*, *Clavelina*, les cellules folliculaires ne se cloisonnent pas, restent minces et discoïdales, perdent leur limite, se sclérosent pour ainsi dire, et se fusionnent pour constituer une capsule épaisse autour de l'œuf (*fig.* 42, 52).

Telle est l'histoire assez complète de la couche des cellules folliculaires. Je crois devoir la résumer en faisant valoir en sa faveur des arguments puisés même dans les recherches de ceux qui ont pensé autrement sur son origine et sur sa situation, par rapport aux membranes de l'œuf.

Il résulterait, des faits qui précèdent, que les cellules folliculaires seraient, non pas des cellules extérieures à l'œuf et qui viendraient s'appliquer à sa surface et s'y multiplier, mais bien des émanations mêmes du vitellus de l'œuf, des parties qui tendent à gagner la périphérie du vitellus, et à s'éliminer ainsi, pour cesser de faire partie essentielle de l'œuf et acquérir le rôle de simples organes protecteurs. Ces portions éliminées sous forme de lentilles

Digitized by Google

très aplaties de substance hyaline, acquièrent ultérieurement la structure cellulaire, c'est-à dire un noyau, des granulations et une enveloppe propre. Ces cellules subissent des modifications diverses et sont le point de départ de la formation, à la surface de l'œuf, d'une membrane durcie et plus ou moins épaisse, qui est la membrane sous-capsulaire.

Il convient de faire remarquer que ces propositions établissent que les cellules folliculaires font leur apparition comme telles à la surface du vitellus et sous la membrane capsulaire; mais qu'elles ne touchent point à la question de l'origine première de ces éléments et à leur mode de formation au sein même du vitellus. C'est là une question dont je réserve l'examen pour la fin du chapitre suivant.

Je ne veux pas revenir sur les arguments et sur les figures que j'ai donnés à l'appui de ces diverses manières de voir. Je tiens seulement à invoquer, en faveur de l'origine interne que j'attribue à ces cellules, cette assertion de Seeliger : qu'*il n'est pas toujours possible de distinguer* si les cellules mésodermiques se transforment en cellules du follicule ou si elles sont résorbées directement dans le vitellus sombre de l'œuf ; et que, dans un très grand nombre de cas, la cellule folliculaire n'est qu'un terme de passage, qu'un état transitoire, et qu'elle doit être résorbée ultérieurement par la couche sombre. Ces idées-là corroborent, à mon avis, ma manière de voir, car il me suffit de considérer ce que Seeliger regarde comme des cellules externes pénétrant au dedans, de les considérer, dis-je, comme des éléments internes qui tendent à s'éliminer par la surface.

Il y a au premier abord autant de présomptions en faveur de mon opinion qu'en faveur de celle de Seeliger; mais il y en a bien davantage quand on considère que ces parties superficielles, très aplaties, prendraient, pour pénétrer dans le vitellus, une forme sphérique, et qu'il n'est pas plus facile d'expliquer cette transformation que l'aplatissement extrême et temporaire de ces cellules périphériques. D'ailleurs, sans m'étendre davan-

Digitized by Google

tage sur une question que j'ai déjà longuement traitée, je vais me borner à appeler l'attention du lecteur sur la figure de Seeliger où se trouve dessinée l'origine des cellules folliculaires.

Cette figure (*fig.* 3, Pl. I du mémoire de Seeliger), reproduite très exactement ici (*fig.* 36), résume tout ce que Seeliger a observé à cet égard, puisqu'elle est *la seule* qu'il consacre *spécialement* à cette question.

Le lecteur pourra remarquer à la surface de l'œuf une cellule lenticulaire dont la saillie interne a creusé une excavation très marquée à la surface du vitellus, ce qui ne s'expliquerait pas sans l'existence d'une membrane externe limitante.

Mais, en outre, dans le voisinage de cette cellule lenticulaire, se trouvent des deux côtés, sur le bord même de l'œuf, en haut un trait foncé *a*, en bas deux traits foncés successifs *b* et *c*, que l'auteur a fidèlement indiqués sans en saisir la signification, et qui ne sont autre chose que les rudiments très minces, très aplatis, de trois lentilles d'élimination, telles que je les ai représentées dans plusieurs figures.

Je tiens encore à renvoyer le lecteur au travail de Semper sur l'origine de la couche de cellulose des Ascidies[1].

Voici ce qu'il dit de l'œuf de *Molgula nana* (Kupffer). « Dans »le plus jeune stade observé, l'œuf, ayant $0^{mm},019$ de diamètre, »est recouvert d'une fine membrane qui présente en un point une »saillie arrondie en forme de bosse et qui renferme un noyau; »on ne peut distinguer si ce noyau est le noyau unique de l'enve»loppe de l'œuf ou non. Dans un stade plus avancé, l'œuf, de »$0^{mm},029$ de diamètre, est déjà entouré d'une membrane qui offre »plusieurs saillies ou bosses saillantes vers l'intérieur. Dans »chacun de ces renflements se trouve un noyau évident dont les »cellules ne sont pas nettement séparées les unes des autres et »possèdent un noyau au point de leur dilatation ». On voit que

[1] Semper ; *Ueber die Entstehung der geschichteten Cellulose-Epidermis der Ascidien.* (*Arbeit. a. denn zoolog.-zoot. Inst. in Würzburg*, II B. 1 Heft, 1874.)

Digitized by Google

Semper ne considère pas les cellules folliculaires comme des cellules d'abord extérieures à la membrane capsulaire : en cela, son opinion concorde parfaitement avec la mienne ; seulement, il semble regarder ces cellules comme des noyaux appartenant à la membrane. Cette opinion ne saurait être conciliée avec les faits que j'ai produits, et où j'ai montré les prétendues cellules folliculaires se détachant de la capsule et restant ou libres ou adhérentes à la surface du vitellus. Quant à la nature *nucléaire* de la substance hyaline qui constitue le rudiment des cellules folliculaires, la faible affinité pour les matières colorantes ne permet guère de l'accepter. Les noyaux et les granulations n'apparaissent qu'ultérieurement dans le protoplasme hyalin.

Je renvoie d'ailleurs le lecteur aux *fig.* 1 et 7 du Mémoire de Semper, qui sont exactement comparables à celles que j'ai données.

Avant de clore ce sujet, je dois dire que ce que Seeliger a décrit et figuré comme des masses formées de cellules mésodermiques fusionnées et en continuité avec le vitellus de l'œuf, ne s'est jamais présenté à mon observation. Je n'hésite pas à attribuer ces apparences à des portions de vitellus faisant hernie à la suite de la rupture accidentelle de l'enveloppe amorphe de l'œuf, et ayant entraîné quelques cellules folliculaires.

DU TESTA ET DE LA COUCHE DES CELLULES GRANULEUSES.

En abordant l'étude de ces parties de l'œuf, je dois éviter tout sujet de confusion et préciser la valeur que j'attache aux termes ci-dessus. Il le faut d'autant plus que ces dénominations ont été souvent confondues ou appliquées à des parties non toujours les mêmes.

J'entends par membrane du testa, la membrane de substance hyaline cellulosique qui constituera plus tard la tunique de l'animal ; et j'entends par couches des cellules granuleuses, une couche de cellules qui apparaissent à un moment donné à la surface

Digitized by Google

même du vitellus et sont plus ou moins plongées dans une zone de liquide hyalin un peu gélatiniforme. Ces cellules ont été nommées cellules du testa (*Testazellen* ou *Tunicazellen*). Ganin leur a donné aussi le nom de cellules de la *couche verte*, et Kowalevsky celui de cellules *jaunes*. Aucune de ces dénominations n'est juste, car, ainsi que l'ont démontré notamment O. Hertwig [1], Semper [2], de Lacaze-Duthiers [3], et ainsi que j'ai pu le vérifier à bien des reprises, la tunique de cellulose n'est nullement le produit ou le résultat de la transformation de la couche des cellules granuleuses. Quant à la dénomination de couche verte ou jaune, elle n'est applicable qu'à certaines espèces d'Ascidies (*Ciona intestinalis, Phallusia mamillata, Asc. villosa*), où elle renferme des granulations plus ou moins jaunâtres. Chez d'autres, au contraire, elle est incolore, comme chez les Molgules que j'ai étudiées, chez *Cinthia papillosa*, etc. ; et elle est rouge clair chez *Botrylloïdes rubrum*.

On les a aussi désignées sous le nom de cellules de la *granulosa*. C'est là un terme qui implique une assimilation entre ces cellules et celles de la *granulosa* de l'œuf des Vertébrés supérieurs. Je déclare repousser entièrement cette assimilation, et j'en donnerai mes raisons dans la suite de ce Mémoire ; mais, pour ne pas créer une dénomination entièrement nouvelle, j'appelle ces cellules *cellules granuleuses*, ou mieux encore *globules granuleux*, en considération de leur structure, qui mérite d'être remarquée.

La membrane du testa est une couche hyaline d'abord mince, s'épaississant progressivement et paraissant formée de couches qui se sont ajoutées les unes aux autres. Elle n'est point, à proprement parler, une membrane de l'œuf ; elle n'apparaît que

---

[1] O. Hertwig ; *Untersuch. ü. d. Bau. u. d. Entw. d. Cellulosenmantels d. Tunicaten.* (*Jen. Zeitsch.*, VII, pag. 46.)

[2] Semper ; *Uber die Entst. d. geschicht Cellulose-Epidermis d. Ascidien*, (*Arbeit. d. zool. Inst.* Würzburg, 1875.)

[3] Lacaze-Duthiers ; *loc. cit.*

Digitized by Google

quand l'embryon est déjà formé, et elle est en définitive une dépendance de l'ectoderme de l'embryon.

Ganin [1], le premier, avança qu'une transformation des cellules périphériques de la peau de la larve (*peripherische Hautschicht*) donnait naissance à la membrane de cellulose, ou tunique commune, qu'il désigna sous le nom de *Couche sociale celluloso-musculaire*.

O. Hertwig, ensuite Semper, et plus tard M. de Lacaze-Duthiers (*loc. cit.*), établirent nettement le même fait, tout en différant entre eux sur la signification de cette couche cellulosique. Hertwig l'a vue naître comme un fin contour, à une certaine distance de l'épithélium superficiel et sans que les cellules granuleuses prissent la moindre part à sa formation. Quant à son opinion sur la nature de cette couche, il la formule ainsi: « Le »manteau des Ascidiens est une *formation cuticulaire externe* de »l'épiderme qui, par l'englobement des cellules isolées de celui-»ci, se transforme en *véritable tissu conjonctif* ».

Semper, tout en confirmant les faits d'observation contenus dans cette assertion de O. Hertwig, repousse l'appréciation de Hertwig et considère le manteau des Ascidiens, non comme un véritable tissu conjonctif, mais comme une forme particulière d'*épiderme stratifié*. Mes observations et les données de l'analogie me font ranger entièrement à ce dernier avis.

Il est donc bien entendu que la membrane du testa, qui n'appartient pas à l'œuf, mais seulement à l'embryon et ultérieurement à l'adulte, est un produit tout à fait étranger aux cellules granuleuses. On doit donc repousser entièrement, pour ces dernières, la dénomination de cellules du testa et la réserver aux cellules épidermiques de l'embryon.

L'étude de la couche des cellules granuleuses mérite de fixer longtemps notre attention, car elle est semée de difficultés qui

---

[1] Ganin; *Neue Thatschen aus der Entwickl. d. Ascidien*. (*Zeit. f. w. Z.*, 1870.)

Digitized by Google

ont donné lieu à des divergences considérables dans les opinions émises à leur sujet. Je vais d'abord faire l'histoire et la critique des théories qui ont été publiées, et je terminerai par l'exposé de mes propres observations.

Les opinions qui ont été émises sur leur nature peuvent être classées sous plusieurs chefs principaux. Presque tous les zoologistes les ont considérées comme de véritables cellules; Semper seul, jusqu'à présent, les avait regardées comme des globules ou gouttes.

Parmi les premiers, il y a deux courants distincts : pour les uns, les cellules granuleuses proviennent des cellules folliculaires; pour les autres, elles proviennent du vitellus ou des parties essentielles de l'œuf. Kowalevsky, Ussow, Babuchin, Stepanoff, sont les représentants de la première opinion, tandis que Metschnikow, Kupffer, Foll, sont les représentants de la seconde. Giard, qui s'était d'abord rattaché à cette dernière opinion, s'est depuis lors prononcé pour la seconde.

En 1870, Kupffer [1] établit sur *Ascidia canina* que les cellules du testa étaient des cellules provenant du vitellus de l'œuf. Kowalevsky[2] affirma, d'après des coupes transversales de l'ovaire d'*Ascidia mamillata*, l'opinion que les cellules du testa provenaient de l'épithélium folliculaire et non d'une libre formation de cellules dans le vitellus de l'œuf. Pour lui, les cellules épithéliales du follicule pénètrent dans l'intérieur du vitellus, s'y multiplient et viennent ensuite former à la surface du vitellus une couche d'épithélium dont les éléments, d'abord plats, deviennent bientôt cylindriques.

L'année suivante, Kupffer[3] publia de nouvelles recherches sur l'origine des cellules du testa et maintint sa première assertion.

---

[1] Kupffer; *Die Stammesverwandtschaft zu. Ascidien u. Wirbelth.* (*Arch. f. mikr. Anat.*, VI, 1870.)

[2] A. Kowalevsky; *Weitere Studien ü. d. Entw. d. einf. Ascidien.* (*Arch. f. mikr. Anat.*, VII, 1871.)

[3] Kupffer; *Zur Entwick. d. einf. Ascidien.* (*Arch. f. m. Anat.*, VIII, 1872.)

Digitized by Google

La même année, Metschnikow[1] et Giard[2] arrivèrent aux mêmes résultats que Kupffer.

Kowalevsky[3] publia encore, à propos du Pyrosoma, une nouvelle confirmation de son opinion.

Ussow[4], la même année, confirma les idées de Kowalevsky.

Semper[5], en 1875, arriva à des résultats tout particuliers. Les observateurs précédents avaient considéré les cellules dites du testa comme de vraies cellules ; Semper ne les regarda pas comme de vraies cellules, puisqu'elles manquent de noyau, mais comme des masses de vitellus (globules ou *gouttes* du testa, *Testatropfen*) qui peuvent être exprimées chez des œufs encore jeunes par l'action des réactifs ou de l'eau de mer, et qui, dans les conditions de la vie, ne se montrent que relativement tard, chez la Claveline lepadiforme par exemple seulement pendant la segmentation. Vraisemblablement, elles ne se montrent dans les conditions naturelles que lorsque l'œuf est devenu libre et a séjourné longtemps dans l'eau de mer. Semper compare les *gouttes du testa* aux globules directeurs de l'œuf de certains Gastéropodes.

En 1879, au Congrès de Montpellier[6] de l'Association française pour l'avancement des Sciences, Giard, qui avait d'abord adopté l'opinion de Kupffer, que les cellules granuleuses étaient dues à une formation libre de cellules à la surface du vitellus, communiqua le résultat de ses nouvelles observations qui le forçaient à se ranger à l'opinion de Kowalevsky. Il admit, avec ce dernier, que les cellules granuleuses provenaient du follicule, mais qu'arrivées dans le vitellus, les cellules émigrées ne restaient pas

---

[1] Metschnikow ; *Zur Entwick. d. einf. Ascidien.* (*Zeitchrift. f. wiss. Zool.*, XXII, 1872.)

[2] Giard ; *loc. cit.*

[3] A. Kovalevsky ; *Uber d. Entw. d. Pyrosoma.* (*Arch. f. mik. Anat.*, XI.)

[4] Ussow ; *Zool. embryol. Untersuch. Die Manteltheire.* (*Arch: für Natg.*, 41, Gahrg. Bd. I.)

[5] Semper ; *loc. cit.*

[6] Giard ; Association française : Congrès de Montpellier, 1879, pag. 768. (Je dois prévenir que la note de Giard fourmille de coquilles que je me permets de corriger.)

Digitized by Google

inactives ; leur noyau se fractionnait en deux, quatre, six noyaux secondaires ; les cellules plurinucléées se rapprochaient alors de la surface du vitellus et émettaient leurs noyaux, qui constituent les cellules granuleuses proprement dites.

Dans une Note à l'Institut du 6 juin 1881 [1], Giard, revenant sur ce sujet, annonce que d'après ses nouvelles observations sur la *Lithonephria eugyranda* (*Ctenicella*), Lac.-Duth... « les cellules de la *granulosa* ont sans aucun doute possible une origine extérieure à l'ovule ; elles ont émigré du follicule ou même d'une autre partie de l'ovaire, et pénétré très tôt dans le vitellus; elles ne dérivent nullement de la vésicule germinative, qui ne prend aucune part à ce processus. Les cellules migratrices s'enfoncent profondément dans le vitellus et *peuvent même s'appliquer contre la vésicule germinative* : on les *découvre toujours aisément* au moyen de l'acide acétique très dilué. Bientôt ces cellules se gonflent, présentent une paroi bien nette, et leur contenu se divise en deux, quatre, six masses protoplasmiques ; puis la paroi disparaît et ces masses sont expulsées peu à peu à la surface de l'œuf, au moment où, *celui-ci étant mûr, on voit commencer les contractions du vitellus*. L'action des acides active l'expulsion des noyaux et la formation de la *granulosa* ». Giard compare cette série de phénomènes aux migrations observées par Pflüger et Lindgren sur les cellules de la *granulosa* des Vertébrés supérieurs.

J'ai cité textuellement l'opinion de Giard comme étant celle d'un des zoologistes de l'École française qui ont le mieux étudié les questions biologiques ayant trait aux Tuniciers.

H. Foll, contrairement aux opinions déjà analysées, a émis un avis auquel il est fait allusion dans la note de Giard que je viens de rapporter. Foll pense que les cellules granuleuses proviennent de la vésicule germinative, dont elles se détachent par une sorte de bourgeonnement de la surface.

---

[1] Giard ; *Comptes rendus* de l'Institut du 6 juin 1881.

Digitized by Google

Seeliger a étudié, à son tour, la question dont il s'agit ici, et je dois analyser la solution qu'il lui a donnée.

Seeliger remarque que chez la Claveline lépadiforme, dans la couche de vitellus qui tapisse le follicule, se trouvent des corpuscules ou cellules du testa tout à fait semblables aux cellules libres du mésoderme, qui, placées en dehors de l'œuf, n'ont pu se transformer en œufs et se sont multipliées par division. Les cellules du testa ont le même volume qu'elles, possèdent comme elles la substance nucléaire, non sous forme de noyaux, mais à l'état de dispersion dans le protoplasme de la cellule. Les réactifs colorants agissent de la même manière sur les deux ordres de cellules. Elles possèdent les unes et les autres des mouvements amœboïdes. Seeliger trouve donc que tout cela permet de penser que les cellules du testa dérivent de l'immigration des cellules mésodermiques externes. « *Il est vrai*, ajoute-t-il, *qu'il n'a pu le démontrer avec certitude sur des cellules vivantes.* » Mais les coupes de jeunes œufs ne lui laissent aucun doute sur cette immigration.

Comment se fait cette immigration? Au début, elle peut se faire directement, et ultérieurement il est possible que les cellules folliculaires (qui ne sont que des cellules mésodermiques aplaties), avant d'être solidement soudées les unes aux autres, soient poussées dans le vitellus et remplacées par les cellules mésodermiques voisines. D'ailleurs il arrive que les cellules du testa présentent parfois une concentration de substance nucléaire très sensible aux réactifs colorants, et qui peut être considérée comme un véritable noyau. De telle sorte que, contrairement à l'opinion de Semper, Seeliger considère ces corpuscules comme de véritables cellules, au même titre que les cellules mésodermiques.

Seeliger fait remarquer que la substance des cellules du testa est tout à fait semblable à celle de la substance sombre de l'œuf, ainsi que le démontre l'action des réactifs colorants. Mais c'est là un fait qui n'a rien d'étonnant pour lui, puisqu'il pense que cette substance sombre de l'œuf est le produit de l'absorption, par l'œuf, de la substance des cellules mésodormiques. Ainsi

Digitized by Google

s'explique pour Seeliger l'erreur qui fait provenir les cellules du testa du vitellus de l'œuf.

Il n'y a donc aucune différence essentielle entre les cellules du testa et les cellules qui à un âge précoce de l'œuf ont pénétré au dedans de lui comme matériaux de nutrition. Elles ne diffèrent que pour les époques de l'immigration, le follicule se formant entre les deux époques.

On doit considérer les cellules du testa comme n'étant rien autre chose que des cellules introduites du dehors *pour la nourriture de l'œuf*, qui est encore destiné à croître d'une manière considérable.

Une fois englobées dans la substance claire anhyste et gélatiniforme de l'œuf, les cellules du testa croissent en nombre, soit par l'introduction de nouvelles cellules, soit par la division des cellules déjà immigrées. Ces cellules croissent non-seulement en nombre mais en volume, ce qui semblerait en *contradiction avec leur signification d'éléments nutritifs*, puisqu'elles attirent à elles une partie des matériaux nutritifs qui pénètrent dans l'œuf. Mais, étant finalement soumises à l'atrophie, cette soustraction très faible de nourriture devient bientôt insignifiante pour l'œuf. D'un autre côté, les nombreuses et petites cellules du testa peuvent peut-être, grâce à la grande étendue relative de leur surface par rapport à l'œuf, absorber plus de nourriture et être plus capables de former de nouvelles masses que ne le serait la surface seule de l'œuf. Mais il faut supposer, il est vrai, un apport extraordinairement favorable de nourriture, de telle sorte que la surface seule de l'œuf ne serait pas en état de l'absorber complètement. Ce qui pourrait appuyer cette supposition, c'est que non seulement les cellules du testa grossissent, mais qu'il passe encore entre elles toujours assez de nourriture pour produire un accroissement de la couche sombre de l'œuf.

D'ailleurs Seeliger ne doute pas que l'on ne rencontre, *quoique rarement à la vérité*, des cellules du testa dans la couche sombre de l'œuf, ce qui indique bien que celles-ci traversent la couche gélatineuse pour parvenir dans la couche sombre.

Digitized by Google

Là, elles se résorbent et servent à la constitution des éléments du jaune. C'est ainsi que peu à peu le nombre des cellules du testa diminue et qu'elles disparaissent enfin entièrement.

Le compte rendu assez détaillé des idées de Seeliger m'a paru devoir être donné comme représentant le résultat du dernier travail publié, à ma connaissance, sur la matière. Il en ressort que l'auteur adopte, en définitive et dans l'ensemble, les idées de Kowalevsky, et que, comme lui, il admet une parenté étroite entre les cellules du testa et celles du follicule.

J'ai tenu à exposer toutes les observations et toutes les opinions émises sur ce sujet si délicat de l'origine et de la signification des cellules granuleuses dites à tort cellules du testa. La diversité des solutions proposées et des points de vue auxquels sont parvenus leurs auteurs, indique suffisamment la nécessité de nouvelles observations pour faire une critique raisonnée de tout ce qui a été fait et pour établir une opinion vraiment rationnelle sur ces questions difficiles. C'était, du reste, le besoin et le désir exprimés par le regretté Balfour dans son récent et remarquable *Traité d'embryologie comparée*, II, pag. 43 : « *Further investigations are however very desirable* ». J'ai tâché de combler cette lacune importante, et je vais exposer les résultats de mes recherches.

La suite naturelle de l'exposition des faits observés par moi me fournira l'occasion de faire la critique des idées de mes devanciers.

J'ai étudié le mode d'origine et la constitution de la couche des cellules granuleuses chez les Ascidies où les cellules constituent une couche continue autour du vitellus, et chez d'autres où les cellules sont éparses, séparées et plongées isolément dans un liquide gélatineux hyalin. Je décrirai ce que j'ai observé dans les deux cas.

Chez *Ciona intestinalis*, la couche des cellules granuleuses est continue et consiste en une couche simple de petites cellules

Digitized by Google

arrondies, placées à la face profonde de l'enveloppe sous-capsulaire (*fig.* 16). Ces cellules sont légèrement colorées en jaune et plus transparentes que le vitellus sous-jacent, dont elles ne diffèrent pas absolument. D'abord appliquées à la surface du vitellus, elles peuvent, chez les œufs très mûrs, s'en détacher en restant adhérentes à la face profonde de la membrane sous-capsulaire (*fig.* 40). Chez les œufs mûrs, cette couche se désagrège facilement sous l'influence des réactifs, et les cellules nagent isolées dans le liquide péri-vitellin. Comme structure, elles sont constituées par un protoplasma assez clair dans lequel il n'y a pas de noyau, mais bien des granulations jaunes (*fig.* 41) qui sont éparses et semblent tendre dans certains cas à occuper le centre de la cellule. Quant au mode de formation de ces éléments, Kuppfer l'a décrit de la façon suivante : « Au moment où le vitellus est »devenu complètement granuleux, il se sépare à sa surface une »couche de protoplasma transparente et tout à fait exempte de »granulations; bientôt apparaît dans cette couche un commence»ment de division manifesté par des stries radiales; enfin, ces »stries devenant de plus en plus nettes, on découvre des cellu»les distinctes et séparées ».

J'ai étudié avec beaucoup de soin cette couche, à diverses périodes de son développement. Sur des œufs approchant de la maturité, mais non encore tout à fait mûrs (*fig.* 39), traités par le carmin de Beale, j'ai observé que de la surface du vitellus granuleux s'élevaient des sphères sous forme de gouttes adhérentes au vitellus. Ces sphères, formées de protoplasma transparent, ne possédaient que quelques granulations et présentaient réellement l'aspect de gouttes demi-fluides s'échappant de la surface du vitellus sombre, comme si elles en étaient exprimées. Ces gouttes adhéraient pour la plupart, par une base élargie, au vitellus, et la limite entre les deux protoplasmes était vague et indécise. Leur substance se laissait colorer par le carmin, mais d'une teinte claire, indiquant qu'elles étaient surtout riches en protoplasme et pauvres en substance nucléaire. C'est principalement par les proportions dans les deux éléments, ou matériaux de

Digitized by Google

la cellule, que ces gouttes paraissaient différer du vitellus sombre et granuleux. Ce dernier en effet masquait la présence du nucléus de l'œuf.

Chez des œufs plus avancés et de même (*fig.* 40) traités par le carmin de Beale ou observés à l'état frais dans le sang de l'animal, la couche des cellules granuleuses est devenue plus distincte du vitellus sous-jacent; sa limite s'est prononcée d'une façon tout à fait tranchée; les cellules sont devenues plus nombreuses, plus petites et arrondies; la largeur de la couche granuleuse a diminué ; les deux substances se sont si nettement et si complètement distinguées, qu'elles se séparent entièrement dans certains cas, et qu'un espace rempli de liquide hyalin se dessine entre le vitellus et la couche des cellules granuleuses, qui restent adhérentes à l'enveloppe sous-capsulaire de l'œuf.

Cette couche continue est composée, chez *Ascidia intestinalis*, d'une seule série de cellules; mais, chez *Botrylloïdes rubrum* (*fig.* 42), ces cellules se multiplient par division et finissent par former autour du vitellus une zone à plusieurs couches un peu confuses de petites cellules qui ont conservé la couleur rouge du vitellus, mais avec plus de transparence et moins d'intensité dans la coloration.

Chez *Molgula socialis*, *Molgula nana*, *Phallusia mamillata*, *Phallusia cristata*, *Cynthia microcosmus*, *Cynthia papillosa*, *Ascidia villosa*, *Asc. canina*, la couche des cellules granuleuses se présente sous une tout autre forme que chez *Ciona intestinalis*. Les cellules, sous forme de sphérules, sont dispersées parfois irrégulièrement entre le vitellus et la membrane vitelline et sont plongées dans un liquide hyalin, gélatiniforme. Elles sont réunies en groupes plus ou moins nombreux, plus ou moins irréguliers, et dessinent parfois, à la surface de l'œuf, des bandes ou îles d'étendues variables, des sortes de voies lactées, notamment chez *Ascidia villosa* et *Phallusia cristata* (*fig.* 35 *bis*).

Chez les deux Molgules *Molgula socialis* et *M. nana*, les globules granuleux se présentent sous la forme de sphérules incolores composées d'un protoplasma renfermant de nombreuses

Digitized by Google

granulations d'inégales grosseurs. Leur composition ne paraît différer de celle du vitellus que parce que la matière qui les compose est moins sombre et un peu plus transparente. Ces sphérules, considérées chez un œuf qui a atteint sa maturité, sont situées autour du vitellus d'une manière parfois assez irrégulière (*fig.* 31, 43).

Si l'on considère un œuf qui est sur le point d'atteindre sa maturité et où les sphérules sont sur le point de se dégager, on voit la surface du vitellus formant des saillies arrondies (*fig.* 44) et présentant au niveau de ces saillies plus de transparence. L'œuf a en ce moment l'aspect d'un œuf pendant la période de pétrissage qui précède la segmentation chez beaucoup d'œufs, notamment chez les vers, chez les mollusques, etc. Enfin si, au lieu d'observer l'œuf à l'état opaque dans l'eau de mer ou dans le sang de l'animal, on le soumet à l'action d'un réactif colorant propre à le rendre transparent, comme le carmin de Beale, on s'aperçoit (*fig.* 45) que les saillies sont dues à la présence, dans les couches superficielles du vitellus, de sphérules qui sont plus ou moins complètement englobées par le vitellus.

Il résulte de l'examen des œufs mûrs à cellules granuleuses libres et où s'est produite une certaine endosmose par l'action assez prolongée de l'eau de mer, il résulte, dis-je, de cet examen (*fig.* 31), que le liquide au sein duquel sont plongés les globules n'est pas d'une consistance très prononcée, car ces derniers se groupent et se ramassent dans certains points de la surface du vitellus et abandonnent d'autres points. Ces changements de situation ne sont pas douteux, car, lorsqu'on observe un œuf où les globules ont été maintenus dans leur situation primitive par la compression de la membrane sur le vitellus, les globules sont assez régulièrement distribués à la surface de ce dernier. D'ailleurs l'examen des *fig.* 43, 44, 45, et 46 permet suffisamment d'en juger. Néanmoins il est des Ascidiens, tels qu'*Ascidia villosa*, *Phallusia cristata*, où les globules apparaissent réellement en groupes assez irréguliers, soit pour l'étendue, soit pour la distribution.

Digitized by Google

Quant à l'origine et au mode de production des globules, voici ce que l'observation m'a démontré. L'œuf étant arrivé à une période voisine de la maturité, il se forme dans le protoplasma et aux dépens de ce dernier, dans toute la périphérie de l'œuf, des sphères de protoplasma hyalin englobant des granulations parfois assez grosses. Ces sphères, recouvertes par une couche de protoplasma plus ou moins épaisse, gagnent progressivement la périphérie, font saillie à la surface de l'œuf et sont enfin exprimées sous forme de globules nageant dans le liquide hyalin qui enveloppe le vitellus (*fig.* 45, 46). Il y a cette différence entre ces globules et ceux de *Ciona intestinalis*, qu'étant plus rares à la surface de l'œuf et à la fois plus volumineux, ils ne sont pas en contact réciproque avec leurs voisins, ne sont donc pas pressés entre ceux-ci, et restent sphériques et indépendants. Mais leur origine est la même ; et les uns et les autres sont des émanations, des portions éliminées, sous forme de globules, de la portion plus ou moins périphérique du vitellus.

Il arrive parfois que l'élimination se fait à la surface du vitellus, quoique celle-ci soit immédiatement en contact avec la membrane sous-capsulaire. Dans ce cas, les cellules granuleuses, loin de prendre la forme d'une sphère, sont éliminées sous la forme de disques ou lentilles parfois très minces, aplatis entre le vitellus et la membrane sous-capsulaire (*fig.* 37 et 47). On peut en conclure que les globules sont expulsés par les contractions du vitellus, qui les chasse de son sein malgré la pression de la membrane sous-capsulaire. C'est là un fait qui sert lui-même d'explication à la forme discoïde très aplatie des cellules folliculaires.

Je dois ajouter que les globules, en sortant du vitellus, mettent parfois en évidence une membrane très délicate qui recouvre directement le vitellus, membrane qui est probablement produite par ce dernier et qui mérite justement le nom de membrane vitelline (*fig.* 48, 49, 50).

Chez *Phallusia cristata*, *Ascidia villosa* et *Ascidia canina*, la formation des globules granuleux est relativement facile à observer, parce que ces derniers sont formés d'une substance

Digitized by Google

hyaline incolore, dans laquelle se trouvent de gros grains de substance jaune demi-opaque qui sont très distincts.

Avant la maturité de l'œuf et la sortie des globules, on distingue à la surface du vitellus une couche claire qui renferme peu ou pas du tout de granulations vitellines foncées (*fig.* 35). Dans cette couche, se distinguent les globules hyalins avec leurs gros grains jaunes. Un peu plus tard, les granulations vitellines envahissent peu à peu le vitellus jusqu'à sa surface, et les globules hyalins sont repoussés vers l'extérieur. Ils restent ainsi parfois à la surface de l'œuf, sous forme de plaques irrégulières composées d'un certain nombre de ces globules (*fig.* 35 *bis*) plus ou moins aplatis. Enfin les globules sont rejetés entièrement et deviennent libres à la surface du vitellus (*fig.* 35). Les grains jaunes ont tantôt une forme arrondie, tantôt des formes plus ou moins discoïdales, lenticulaires (*fig.* 35 *a*, 35 *ter*). Ils sont ou uniques ou au nombre de 4, 5, 6 dans le même globule hyalin ; dans tous les cas, ils sont presque toujours appliqués contre la paroi du globule et manifestent ainsi une tendance marquée à occuper la périphérie du globule. Quelques-uns même font une saillie marquée à la surface du globule, comme s'ils tendaient à en sortir (*fig.* 35, 35 *ter*).

Chez *Phallusia mamillata*, les globules renferment également des grains jaunes très prononcés, mais ces grains sont petits et arrondis. Il est d'ailleurs remarquable que dans ces espèces les cellules folliculaires elles-mêmes renferment de petits grains jaunes analogues et tout à fait indépendants du noyau.

Je reviendrai ultérieurement sur le développement de cette substance jaune demi-opaque dans les œufs de quelques Ascidiens. Pour le moment, je me borne à dire que cette substance se développe dans des parties de l'œuf qui sont appelées à être rejetées et à ne pas participer à la constitution de l'embryon. Nous verrons en effet, dans un prochain Mémoire, que le vitellus lui-même, lorsqu'il devient impropre à un développement ultérieur, est envahi par cette matière jaune semi-opaque et consistante dont la présence est ainsi un indice de décadence et de destruction.

Digitized by Google

Cette appréciation est d'ailleurs en harmonie avec la manière dont cette substance se comporte vis-à-vis des réactifs colorants. Tandis que le protoplasme des globules se colore assez par ces réactifs et diffère peu sous ce rapport du protoplasme vitellin, les grains jaunes sont réfractaires d'une manière presque absolue à l'action des colorants.

Chez *Didemnum cereum* (*fig.* 51), les globules se distinguent du vitellus par leur transparence et sont composés d'un protoplasme incolore renfermant des granulations très fines et incolores. Ils se distinguent ainsi nettement du vitellus, dont les globules sont de couleur jaune brunâtre foncée.

Chez *Botryllus marionis* (Giard), le vitellus de l'œuf étant brun violet, les globules granuleux s'en détachent à la surface sous forme de gouttes claires de protoplasme parsemé de très nombreuses granulations très fines, parfois incolores, parfois aussi colorés en jaune clair (*fig.* 52). On n'y voit pas trace de noyau proprement dit.

En résumant donc les nombreuses observations que j'ai faites sur ce point, je déclare me ranger à l'avis de ceux qui, avec Semper, regardent les globules comme émanant du vitellus ; ce sont, à mon avis, des éléments rejetés par le vitellus, des *éléments éliminés.*

Mais il est important de faire remarquer qu'ils ne renferment pas tous les éléments du vitellus et qu'on trouve en eux d'autres éléments qui sont ordinairement étrangers au vitellus.

Nous avons vu en effet que dans les œufs qui ont un protoplasma incolore rempli de globules vitellins colorés, soit en brun jaunâtre, comme en *Didemnum cereum*, soit en brun violâtre, comme en *Botryllus marionis*, les globules granuleux ne possèdent point ces éléments colorés nutritifs et sont composés d'un protoplasme incolore dans lequel se trouvent, soit des granulations incolores, soit des granulations d'un jaune clair. Que faut-il donc penser de cette assertion de Seeliger « que la substance des cellules du testa est tout à fait semblable à celle de la substance sombre de l'œuf » ?

Digitized by Google

Cela peut être vrai, en apparence, des œufs de *Clavelina lepadiformis*, mais ne l'est pas pour les Ascidiens que j'ai étudiés.

Ces globules granuleux ne sont donc point *uniquement* des portions du vitellus devenues libres par voie de bourgeonnement; ce sont des portions éliminées, ayant une composition spéciale et n'entraînant pas avec elles les éléments nutritifs du vitellus.

Cette considération nous permet déjà de rejeter cette vue théorique de Seeliger, qui veut considérer ces globules, soit comme des éléments introduits du dehors pour apporter à l'œuf les matériaux nutritifs à teinte sombre du vitellus, soit comme des éléments capables, par la grande étendue relative de leur surface par rapport à l'œuf, d'absorber plus de nourriture et d'être ainsi des pourvoyeurs perfectionnés de l'œuf lui-même. Un autre fait qui s'oppose singulièrement à cette vue de Seeliger, c'est la présence, dans les globules granuleux, de ces granulations parfois considérables de substance jaune opaque qui sont, je le prouverai ultérieurement, des indices et des preuves de décadence et de dégénération.

Est-il d'ailleurs possible de considérer comme de véritables appareils de nutrition des éléments qui sont rejetés du milieu dans lequel ils sont appelés à apporter la nourriture ? Il est vrai que Seeliger considère tous les globules granuleux comme destinés à être absorbés ultérieurement par l'œuf et à disparaître complètement. Il est possible que les globules diminuent de volume et d'importance à mesure que l'œuf avance dans son développement. Mais ils existent cependant encore à l'époque où l'embryon urodèle est entièrement formé, et leur disparition peut être plus justement considérée comme celle d'un organe ou d'un élément inutile dont les matériaux se désagrègent pour entrer dans la masse commune. Si les globules sont appelés à fonctionner surtout comme surfaces d'absorption, leur rôle ne commence en réalité qu'au moment où ils deviennent libres, c'est-à-dire au moment où ils acquièrent une surface propre ; or, il est à remarquer qu'à partir de ce moment, c'est-à-dire à partir de la période de maturation et de fécondation de l'œuf, par conséquent de l'époque où les phé-

Digitized by Google

nomènes de prolifération vont acquérir une grande suractivité ; il est, dis-je, à remarquer que c'est à partir de ce moment que les globules voient décroître successivement leur volume et leur nombre. Ne faut-il donc pas penser plutôt que ces éléments perdent alors de leur activité et entrent dans une phase d'abaissement et de destruction ?

Je déclare d'ailleurs n'avoir jamais observé le passage des cellules extérieures à l'œuf dans l'intérieur, et entre les cellules folliculaires bien formées, telles que les représente Seeliger, il est bien difficile d'admettre la pénétration d'éléments folliculaires sans l'avoir observée directement ou sans avoir constaté les traces non douteuses de ce passage.

Il est vrai que la structure des cellules granuleuses et celle des cellules folliculaires offrent dans certains cas une ressemblance assez marquée, et que l'on observe dans les unes comme dans les autres des granulations jaune clair. Mais ces granulations se retrouvent, dans certains cas de dégénérescence, en masses considérables au sein du vitellus lui-même, et elles sont plutôt une preuve d'une altération de nutrition commune aux deux ordres de cellules que l'indication d'une origine commune.

D'ailleurs Seeliger avoue n'avoir jamais *pu démontrer avec certitude, sur les cellules vivantes*, le passage ou l'immigration des cellules libres du mésoderme ou des cellules de la capsule ; et quant à l'examen des coupes de jeunes œufs qui, prétend-t-il, ne lui laisseraient aucun doute, il est parfaitement légitime de leur donner une interprétation toute autre que celle de Seeliger. L'ensemble des faits que j'ai observés me porte en effet à considérer ces éléments, situés dans la périphérie du vitellus, comme des éléments se dirigeant du centre à la périphérie et non de la périphérie vers le centre ; je les considère volontiers, même d'après l'examen des figures de Seeliger, comme appartenant aux cellules folliculaires et comme des émanations précoces du vitellus, ainsi que je vais l'établir.

Tout en repoussant l'opinion de Kowalevsky, de Ussow, de

Digitized by Google

Giard et de Seeliger sur l'origine des cellules granuleuses, je dois expliquer certains faits d'observation qui ont servi de base à la fois à cette opinion, que je combats, et à celle de H. Foll, qui veut faire provenir les cellules du testa de la vésicule germinative par une voie de bourgeonnement.

Lorsqu'on observe avec un pouvoir éclairant suffisant de jeunes œufs dans l'eau de mer, ou mieux dans le sang extrait du cœur d'une Ascidie, par conséquent avant toute altération notable, on aperçoit au sein du vitellus, et plus particulièrement au voisinage du noyau, un ou plusieurs éléments dont les volumes diffèrent notablement (*fig.* 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, etc.). Il y en a d'assez volumineux et d'aussi gros que le nucléole ; d'autres sont relativement petits.

Ces éléments sont composés d'une substance ou protoplasme clair renfermant de très fines granulations incolores. Mais cette substance présente des degrés très divers de concentration et de délimitation. Tantôt les petites masses ressemblent à un nuage finement granuleux qui n'est pas nettement délimité du vitellus ambiant. D'autres, et c'est le plus grand nombre, sont assez nettement circonscrites par une ligne limitante qui n'est jamais très tranchée sur le frais, d'où il résulte que, dans certains œufs, ces éléments ne sont pas toujours faciles à apercevoir et à distinguer, et qu'il faut appeler à son aide les réactifs. L'emploi de l'acide acétique au 1/200e produit immédiatement une concentration de la substance des éléments, et par conséquent accentue la zone qui les délimite d'avec le vitellus ambiant. Les corpuscules prennent alors un aspect très net, et leur profil se détache très franchement sur le fond du vitellus, qui prend, sous l'influence de l'acide acétique, une structure plus granuleuse et plus sombre (*fig.* 69, 70, 71), tandis que de grosses granulations plus ou moins disposées en traînées apparaissent dans le nucléus de l'œuf.

Si l'on essaie sur les œufs jeunes l'action des réactifs colorants, du carmin de Beale par exemple, on remarque que les corpuscules ci-dessus se colorent moins vivement que le nucléus et acquièrent

Digitized by Google

des teintes *exactement* égales à celles des cellules folliculaires qui commencent à apparaître à la surface du vitellus.

J'ai dit que ces corpuscules se trouvaient surtout autour du nucléus, à la surface duquel ils paraissent quelquefois appliqués, mais avec lequel ils ne se confondent jamais. Mais on en trouve de plus rares, il est vrai, à diverses profondeurs de la couche vitelline, et enfin appliqués à la face profonde de la membrane amorphe capsulaire.

Ce sont ces corpuscules que Kowalevsky, Giard, Seeliger, etc., ont considérés comme des cellules folliculaires ou des éléments pénétrant de l'extérieur dans le vitellus pour s'y multiplier et constituer plus tard les cellules granuleuses. Ce sont également ces corpuscules que H. Foll a cru devoir regarder comme nés par bourgeonnement du nucléus de l'œuf, et comme constituant également l'origine des mêmes cellules folliculaires. Ces deux opinions sont, à mon avis, également erronées, et je dois exposer ce que l'observation soutenue et très multipliée m'a réellement démontré. Mes observations ont porté surtout sur *Ciona intestinalis* et sur *Molgula nana*, c'est-à-dire sur des représentants des deux types différents de constitution de la couche granuleuse, l'une étant continue à la surface du vitellus et l'autre étant formée de globules isolés et indépendants.

Je dis dès l'abord que, selon moi, ces corpuscules prennent leur origine dans le vitellus même, et qu'ils se portent vers la périphérie pour constituer les cellules folliculaires.

Il est à remarquer d'abord que la constitution des cellules folliculaires du début est identique avec celle des corpuscules intra-vitellins que nous étudions. C'est là un fait qui a été reconnu par Kowalevsky et tous ceux qui ont regardé ces corpuscules comme des cellules folliculaires immigrées. Mais ce fait est la négation même de l'opinion de H. Foll, qui fait provenir ces corpuscules d'un bourgeonnement du nucléus de l'œuf. Cette opinion a été inspirée à son auteur par cette circonstance, que les corpuscules sont souvent appliqués à la surface du vitellus comme un véritable bourgeon. Mais je dois affirmer qu'il ne

Digitized by Google

m'a jamais été donné d'apercevoir un de ces prétendus bourgeons sans qu'il me fût extrêmement facile de constater l'existence d'une surface de séparation très nette entre le nucléus et le corpuscule. D'ailleurs cette application des corpuscules contre la surface du nucléus, de manière à représenter une sorte de protubérance du nucléus telle qu'on peut l'apercevoir (*fig.* 54, 55 *a b*, 56), n'existe jamais à un si haut degré qu'après l'action des réactifs qui ont amené une contraction du vitellus et du corpuscule et un aplatissement de ce dernier contre le nucléus. Sur les œufs frais (*fig.* 66, 67, 68), on aperçoit les corpuscules les plus rapprochés du vitellus, soit avec leur forme sphérique qui témoigne de leur indépendance, soit avec une forme légèrement ellipsoïdale qui permet la même conclusion.

Sur des œufs même où, soit l'eau de mer, soit les réactifs, ont produit une certaine déformation des masses de l'œuf et du nucléus en particulier (*fig* 53, 59, 63), on aperçoit les corpuscules logés dans des excavations de la surface du nucléus, mais toujours parfaitement indépendants. Une apparence qui s'est produite quelquefois sous l'influence des réactifs (*fig.* 57, 60) a pu contribuer aussi à faire croire à un bourgeonnement du nucléus. Il m'est arrivé d'observer en effet une sorte de bourgeon qui semblait relié au nucléus par un véritable pédicule rétréci, et à première vue j'avais considéré de pareils cas comme une démonstration des assertions de H. Foll. Mais un examen plus approfondi m'a montré clairement que le pédoncule n'existait pas, mais était seulement un espace cylindro-conique creusé dans le vitellus par le retrait du nucléus ou par la marche centrifuge du corpuscule, espace conservé à l'observation par la coagulation du vitellus sous l'influence des acides.

Mais d'ailleurs, je le répète, dans ces cas même, il n'était guère possible de considérer le corpuscule comme une portion de substance nucléaire détachée par bourgeonnement, car la constitution des deux parties était très différente. Tandis, en effet, que sous l'influence de l'acide acétique très dilué le nucléus s'était rempli de grosses granulations réfringentes, le cor-

Digitized by Google

puscule manifestait une structure presque hyaline et très finement granuleuse.

L'opinion de H. Foll ne m'a donc pas paru en harmonie avec les faits, et, tout en repoussant la communauté de nature du nucléus et des corpuscules, j'ai été conduit par l'observation à admettre entre les corpuscules et les cellules folliculaires une parenté qui ne me paraissait pas douteuse. En cela, je me trouve d'accord avec les zoologistes qui ont considéré les corpuscules intra-vitellins comme des cellules folliculaires immigrées. Mais il me reste à donner les raisons qui font que, loin d'admettre une double migration des corpuscules, la première centripète et la seconde centrifuge, je crois au contraire à une migration centrifuge *unique*, les corpuscules naissant dans le sein du vitellus pour se porter au dehors et y constituer les cellules folliculaires.

Ces raisons sont nombreuses et me paraissent avoir une sérieuse valeur. Quoique quelques-unes aient été déjà énoncées précédemment, je demande la permission d'y revenir.

Il faut considérer d'abord le mode de formation de ces cellules. On suit leur organisation progressive dans l'intérieur de la masse vitelline. Paraissant au voisinage du noyau sous forme d'un nuage de substance claire avec de fines granulations, elles se circonscrivent de mieux en mieux à mesure qu'elles approchent de la surface. Arrivées à la face profonde de la capsule amorphe, elles s'aplatissent contre elle progressivement et finissent par former ces lentilles très minces déjà décrites (*fig.* 64, 65, 67). Dans certains cas, on peut observer le corpuscule émergeant de la surface vitelline dans un espace libre situé entre le vitellus et la capsule, et produit très probablement par l'action de l'eau de mer ou de l'acide acétique (*fig.* 62, 68, 69), car il s'observe assez rarement. Ordinairement, le corpuscule se dégage du vitellus en s'aplatissant, ainsi que le représente la *fig.* 69.

Remarquons que les *fig.* 62, 68, 69, démontrent d'une manière non douteuse l'existence d'une membrane autour de l'œuf, au moment où se forment les cellules folliculaires et les corpuscules intra-vitellins.

Digitized by Google

L'ensemble de ces observations ne permet réellement qu'une interprétation, et l'on est forcé de penser que les corpuscules prennent naissance dans le vitellus et émigrent vers la périphérie pour venir s'appliquer et s'aplatir contre la face profonde de la membrane capsulaire. Les contractions du vitellus rendent compte de cet aplatissement, qu'il serait autrement difficile d'expliquer.

Il est en outre impossible d'admettre que ces corpuscules intravitellins sont des corps extérieurs ou des cellules qui ont immigré dans le vitellus. Il faut en effet remarquer que l'on observe parfois ces corpuscules sur des œufs chez lesquels les cellules folliculaires n'existent pas encore (*fig.* 63, 64, 65, 66): on ne saurait donc considérer ces dernières comme ayant produit les secondes ; l'introduction de corpuscules extérieurs n'est pas davantage admissible, car la membrane est là pour s'opposer à leur introduction, puisqu'elle s'oppose à la sortie des cellules folliculaires et les oblige à s'aplatir contre la surface du vitellus.

D'ailleurs, comment comprendre que les cellules folliculaires pénètrent dans le vitellus. Ces cellules sont, au début, extrêmement aplaties et forment des lentilles très minces, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer; il faut supposer pour cela qu'elles perdent cette forme et acquièrent une forme arrondie pour s'enfoncer dans la substance vitelline. Or je ne crois pas qu'en présence des observations que nous avons faites sur ces cellules, on puisse hésiter entre les deux processus, dont l'un les fait provenir du vitellus et explique très facilement leur aplatissement extrême par la puissance d'expulsion de ce dernier, et dont le second admet des changements, de la forme aplatie à la forme sphérique, que rien ne prouve ni n'explique.

En outre, les partisans de l'immigration se trouvent en présence d'une difficulté plus grande encore s'ils admettent, comme Giard et Seeliger, la formation des cellules folliculaires par les cellules étrangères à l'œuf.

Il faut en effet expliquer d'abord l'aplatissement extrême de ces cellules et ensuite leur retour à la forme sphérique Pour cela, je ne vois pas d'explication rationnelle, tandis que l'émi-

Digitized by Google

gration périphérique est une explication des plus simples et qui n'a contre elle aucun fait d'observation.

Mais encore, quand on se trouve en présence de jeunes œufs comme ceux des *fig.* 68, 69, 70, 71, qui présentent quelques rares cellules folliculaires avec des corpuscules intra-vitellins, il reste à dire pourquoi certaines cellules folliculaires ont immigré dans le vitellus, tandis que les autres sont restées à la surface. Ce n'est certainement pas le nombre et l'entassement qui ont nécessité cette immigration et déterminé cette différence si notable dans les phénomènes. Si les cellules folliculaires ont, comme les corpuscules intra-vitellins, pour origine commune des éléments étrangers primitivement à l'œuf, il reste encore à expliquer cette différence considérable dans les destinées de ces éléments et dans leurs rôles.

L'ensemble des faits observés et leur interprétation la plus rationnelle me paraissent devoir faire considérer les corpuscules intra-vitellins comme émigrant pour devenir l'origine des cellules folliculaires. Cette interprétation me semble l'emporter de beaucoup sur l'interprétation inverse, par la simplicité, la facilité et la valeur des raisons qui plaident pour elle. Mais il est encore des observations directes qui viennent apporter leur poids dans la balance et indiquer le sens de la route suivie par les corpuscules intra-vitellins. J'ai pu en effet observer quelques œufs qui, après traitement par l'acide acétique ou par la glycérine formique, présentaient à l'état permanent, par suite de la coagulation du vitellus, la route frayée par le corpuscule dans le sein du vitellus. Les *fig.* 57, 59, 60 montrent, entre le nucléus de l'œuf et le corpuscule, une cavité cylindro-conique indiquant clairement que le chemin parcouru déjà par le corpuscule se trouve entre le nucléus et lui, et non entre le corpuscule et la surface du vitellus. Nous trouvons donc là la preuve d'une direction centrifuge dans le transport du corpuscule, direction que d'ailleurs tout semblait nous indiquer.

Les corpuscules intra-vitellins sont plus ou moins nombreux, plus ou moins volumineux ; leur formation est plus ou moins

Digitized by Google

précoce; toutes conditions qui sont parfaitement en harmonie avec le nombre plus ou moins grand des cellules folliculaires primitives, avec leur volume très variable et avec leur époque d'apparition très inégale et peu en rapport avec le volume des œufs. Ils sont plus ou moins apparents suivant que le vitellus est plus ou moins sombre.

On peut observer leur formation même alors que les cellules folliculaires forment une enveloppe continue autour de l'œuf; mais il est probable qu'alors même, ils viennent, en partie du moins, s'ajouter aux cellules folliculaires existantes, s'intercaler dans leurs intervalles et continuer à accroître le nombre de ces dernières.

Quand le vitellus nutritif se dépose au sein du protoplasme et l'obscurcit, l'observation des corpuscules intra-vitellins devient difficile et même impossible sur des œufs entiers.

Il est probable qu'après l'organisation complète de la couche des cellules folliculaires et pendant que les dépôts de vitellus nutritif se font dans le sein du protoplasme, la ségrégation de corpuscules intra-vitellins subit un temps de ralentissement ou même d'arrêt, pour reprendre son activité un peu avant l'époque de la maturation de l'œuf.

Cette nouvelle séparation de substance claire, granuleuse, semble se faire alors plus près de sa surface et devient l'origine des cellules granuleuses, ou prétendues cellules du testa.

Ces derniers restent au sein du vitellus, au voisinage de la surface, jusqu'à l'époque de la maturation de l'œuf, et leur sortie tardive caractérise une phase différente de la vie de ce dernier. Mais néanmoins il n'existe probablement pas une différence radicale entre ces deux ordres de production. Les cellules folliculaires et les cellules granuleuses sont, les unes et les autres, des *éléments éliminés* du sein du vitellus à des époques différentes de l'ovogenèse.

Le long examen auquel nous venons de nous livrer nous autorise à affirmer que les globules granuleux, ou prétendues

Digitized by Google

cellules du testa, ne proviennent ni des cellules capsulaires ni du bourgeonnement du nucléus, et nous devons par exclusion placer leur origine dans le vitellus lui-même. C'est d'ailleurs là, ainsi que je l'ai déjà démontré, que nous les trouvons en voie de formation.

A propos de ces globules granuleux, nous devrons nous demander si ce sont de vraies cellules, comme l'ont pensé Kupffer, Kowalevsky, Giard, Seeliger, etc., ou si, comme l'a prétendu seul Semper, ce ne sont pas de vraies cellules, mais de simples globules ou gouttes de substance protoplasmique. Je dis dès l'abord qu'il y a du vrai dans les deux opinions opposées. Les corpuscules du testa, ou corpuscules granuleux, sont des *rudiments* de production endogène d'*éléments cellulaires vrais*. Il y a tendance en effet, chez eux, à une sorte de concentration de la substance nucléaire (*fig.* 38, 46) au sein d'une atmosphère de protoplasme qui tend à se circonscrire et à devenir indépendante. Mais l'effort n'aboutit pas, et la cellule, non-seulement reste imparfaite, mais présente des phénomènes de dégénérescence et des indices de dégradation même avant que d'être arrivée à sa constitution complète. Les raisons et les conséquences de ces singuliers phénomènes seront d'ailleurs déduites ultérieurement.

Ainsi donc, les corpuscules du testa sont des cellules dégénérées avant même que d'être entièrement formées, des *globubules celluloïdes* dont l'organisation est imparfaite.

Ici se termine cette première étude sur l'œuf des Ascidiens ; les déductions biologiques générales que je désire en tirer trouveront leur place dans un mémoire ultérieur. Pour aujourd'hui, je résume en quelques propositions les résultats acquis par l'étude que nous venons de faire. Ces résultats peuvent se formuler ainsi :

1° Chez les Ascidiens, l'ovaire se compose, à l'origine, d'une agglomération de noyaux appartenant au mésoderme et réunis par une faible quantité de substance intermédiaire claire. L'ovaire a donc la constitution et les caractères d'un tissu conjonctif

Digitized by Google

embryonnaire dans lequel les atmosphères protoplasmatiques ne sont point nettement délimitées. Cette structure se retrouve chez l'adulte dans les portions de l'ovaire où il y a nouvelle formation d'œufs.

2° L'œuf a pour point de départ un corpuscule de ce tissu conjonctif embryonnaire constituant l'ovaire.

3° Ce corpuscule, dans lequel se développent une ou deux granulations qui seront le ou les nucléoles, constitue lui-même le nucléus de l'œuf.

4° Autour de ce nucléus se forme et se dessine une couche de protoplasma transparent et incolore, et ainsi sont réunis les éléments essentiels de l'œuf.

5° Autour de l'œuf ainsi constitué se forme une première membrane très délicate, qui peut être rapportée à la substance intermédiaire du tissu conjonctif embryonnaire de l'ovaire : c'est la membrane capsulaire amorphe.

6° Au-dessous de cette membrane apparaissent à la surface du vitellus des éléments folliculaires qui seront les cellules folliculaires. Ces éléments n'ont pas pour origine des éléments extérieurs étrangers à l'œuf et qui seraient venus s'appliquer et s'aplatir à sa surface. Ce sont de petites masses formées au sein du vitellus et éliminées par la surface de celui-ci, masses d'abord claires et homogènes, et qui s'individualisent comme cellules en acquérant un noyau, des granulations, et une membrane limitante. Ces cellules, se multipliant, forment une couche continue autour de l'œuf. Elles peuvent rester stationnaires, ou bien croître démesurément et devenir fortement saillantes à la surface de l'œuf.

Au-dessous d'elles et aux dépens de leur face interne, se constitue une seconde membrane reposant sur le vitellus : c'est la membrane sous-capsulaire, qui peut devenir plus ou moins épaisse. Dans d'autres cas, les cellules folliculaires restent aplaties, se sclérosent et constituent ainsi autour de l'œuf une enveloppe épaisse et anhiste.

7° Les cellules dites improprement du testa, ou cellules granuleuses, ont pour point de départ le vitellus de l'œuf, dont elles

Digitized by Google

représentent un élément éliminé. Ce sont des cellules encore imparfaites, en voie de se constituer, mais entachées de décadence et de dégénérescence avant d'avoir atteint ce but : ce sont des *globules celluloïdes*.

8° Les corpuscules intra-vitellins ne sont ni des éléments venus de l'extérieur ni des cellules capsulaires qui ont immigré dans le sein du vitellus, mais des masses de protoplasme clair finement granuleux, qui se forment au sein du vitellus par voie de concentration et qui, émigrant ultérieurement vers la surface, constituent, dans une première phase de l'ovogenèse les cellules capsulaires, et dans une seconde phase de l'ovogenèse les cellules granuleuses, improprement nommées cellules du testa.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche VII.

Fig. 1. Ovaire de *Ciona intestinalis* adulte suspendu à l'estomac et à la première partie de l'intestin. *est.* estomac, *ov.* ovaire, *int.* intestin, *test.* testicule. — Grossissement de 3.

Fig. 2. Deux lobes de l'ovaire de *Ciona intestinalis* très jeune traités par le carmin de Beale (27 janvier 1883). *end.* endothélium. *O.* ovules. Zeiss. ocul. 2, obj. F.

Fig. 3. Jeunes ovules de *Ciona intestinalis* jeune, le 20 janvier 1883. Observés dans le sang de l'animal. *a* jeunes ovules agglomérés; *b* un ovule isolé; *c* ovule plus jeune; *d* corpuscule du tissu conjonctif embryonnaire ovarien.

Fig. 4. Ovules plus avancés du même animal.

Fig. 5. Endothélium de la surface de l'ovaire, imprégnation par une solution de nitrate d'argent au 1/300.

Fig. 6. Portion de la surface de l'ovaire de *Ciona intestinalis* jeune. *a*, *a* corpuscules conjonctifs embryonnaires appelés à former des ovules; *a'* nid de ces corpuscules; *b* cavité vasculaire avec globules sanguins épars; *c* endothélium; *d* jeunes œufs avec cellules folliculaires restées appliquées à la surface du vitellus. Traitement par le carmin de Beale et la glycérine formique. Zeiss. oc. 3, obj. F.

Fig. 7. Lobule d'un ovaire jeune d'une *Ciona* jeune, le 24 janvier.

Digitized by Google

Traitement par le carmin de Beale et la glycérine formique. *a* corpuscules conjontifs embryonnaires; *a'* nid de corpuscules; *c* endothélium; *e* œuf isolé, avec les cellules folliculaires sous-capsulaires; *f* corpuscules conjonctifs embryonnaires situés entre les œufs.

FIG. 8. Coupes faites sur l'ovaire de *Molgula nana*. *a* corpuscules conjonctifs embryonnaires; *a'* nids de corpuscules; *d* jeunes œufs.

FIG. 9. Préparation obtenue par dilacération d'un ovaire jeune de *Ciona*; *A* faisceau d'ovules suspendus à un pinceau de fibrilles et renfermant tous les termes de passage entre les corpuscules conjonctifs embryonnaires et les œufs.

a a' deux jeunes œufs ayant une cellule folliculaire. Les autres n'en ont pas. Quelques-uns ont des granulations *b* attachées à leur surface.

B groupe de corpuscules et de jeunes ovules. Zeiss. oc. 3, obj. F.

FIG. 10. Œuf jeune de *Molgula socialis*. La capsule est pédonculée. Autour du vitellus sont les cellules folliculaires, dont l'une *a*, restée libre au niveau de l'infundibulum du pédoncule, a conservé sa forme arrondie et prouve bien la situation sous-capsulaire des cellules folliculaires.

FIG. 11. Deux jeunes œufs de *Ciona*, avec cellules folliculaires déjà organisées et recouvertes par la capsule.

FIG. 12. Préparation obtenue par dilacération. Grappe d'œufs de diverses dimensions de *Ciona*. Capsules pédonculées. Cellules folliculaires bien développées *A* dans l'eau de mer; *B* après séjour de dix jours dans le carmin de Beale.

FIG. 13. Un œuf de la même préparation, plus âgé. Les cellules folliculaires commencent à faire saillie à la surface.

FIG. 14 Œuf frais de *Ciona* observé dans le sang de l'animal le 10 janvier 1882. Capsule, et cellules folliculaires faisant saillie dans le vitellus et non encore à l'extérieur.

FIG. 15. Œuf de *Ciona* pour montrer la saillie déjà prononcée des cellules folliculaires. *a* la membrane sous-capsulaire; *b* la membrane capsulaire amincie. Les cellules folliculaires commencent à se cloisonner intérieurement.

FIG. 16. Œuf de *Ciona* dont la membrane capsulaire a disparu. Les cellules folliculaires cloisonnées ne sont plus rattachées à l'œuf que par leur base, qui adhère à la membrane sous-capsulaire. *a* couche des cellules granuleuses, ou globules celluloïdes.

FIG. 17. Œuf jeune de *Ciona* traité par le carmin de Beale depuis dix jours, et écrasé. Les cellules folliculaires font une légère

Digitized by Google

saillie extérieure. La membrane capsulaire se montre indépendante et détachée des cellules. Il n'y a pas encore de membrane sous-capsulaire.

Planche VIII.

Fig. 18. Œuf jeune de *Ciona*. Carmin de Beale et glycérine formique. $0^{mm},03$ de diamètre. Capsule séparée des cellules folliculaires restées à la surface du vitellus. Zeiss. oc. 3, obj. F..

Fig. 19. Œuf de *Ciona* plus âgé. Couche complète des lentilles folliculaires.

Fig. 20. Œuf de *Ciona* ayant $0^{mm},05$ de diamètre. Même traitement. Cellules folliculaires détachées. Deux cellules *a*, *b* sont restées attachées à la capsule.

Fig. 21 Œuf de *Molgula nana* de $0^{mm},07$ de diamètre. Même traitement. Les cellules folliculaires détachées de la capsule et adhérant au vitellus.

Fig. 22 Œuf jeune d'*Ascidia grossularia* (Van Bened.) pour montrer les cellules folliculaires *sous* la membrane capsulaire.

Fig. 23. Œuf jeune de *Ciona* traité par le nitrate d'argent. Cellules folliculaires à la surface du vitellus.

Fig. 24. Œuf jeune de *Ciona* de $0^{mm},03$ de diamètre. Disques lenticulaires très aplatis.

Fig. 25. *a*, *b*. Œufs très jeunes de *Molgula socialis*, $0^{mm},024$, et $0^{mm},028$ de diamètre, avec deux ou trois disques folliculaires.

c. Œuf de *M. socialis* de $0^{mm},07$, avec couche complète de cellules folliculaires détachées de la capsule.

d. Œuf de *M. nana* très jeune de $0^{mm},017$, avec trois disques très aplatis et quelques corpuscules conjonctifs de $0^{mm},003$ de diamètre, dont l'un a déjà une couche de protoplasme et devient un ovule.

Fig. 26. Œuf jeune de *Ciona* ayant $0^{mm},017$ de diamètre, avec quelques disques folliculaires inégaux.

Fig. 27. *b*. Œuf jeune de *Ciona* avec quelques disques folliculaires. Diamètre $0^{mm},04$.

c. Un disque de l'œuf précédent avec surface interne inégale.

Fig. 28. *a*. Œuf de *Ciona* de $0^{mm}08$ de diamètre, avec quelques disques isolés et une calotte *x*.

b. Œuf jeune de $0^{mm},05$ de diamètre, avec de petites calottes *x*, *y*, *z*.

Digitized by Google

Fig. 29. *a*. Œuf jeune de *Molgula nana* de $0^{mm},024$ de diamètre, avec très jeune ovule qui lui est adhérent. Quelques disques.

b. Œuf de $0^{mm},017$ de diamètre, avec quelques disques un peu saillants.

c, *d*. *Id.*, *id.*

Fig. 30. *a*. Œuf de *Phallusia cristata*, avec capsule et couche sous-jacente de cellules folliculaires vues de profil.

b. Cellules folliculaires vues de face.

Fig. 31. Œuf de *Molgula nana* après l'action de l'eau de mer. *x* cellules folliculaires jeunes; *y* globules celluloïdes.

Fig. 32. Œuf de *Phallusia cristata* dans l'eau de mer. *x* cellules folliculaires ; *y* globules celluloïdes.

Fig. 33. Cellules folliculaires du même, isolées pour montrer leur cloisonnement.

Fig. 34. Portion de ces dernières pour montrer la forme et la constitution des cloisons.

Fig. 35. Œuf de *Phallusia cristata* presque mûr. *x* grandes vésicules provenant du cloisonnement des cellules folliculaires; *y* globules celluloïdes plongés dans du vitellus clair périphérique.

Fig. 35. *a*. Quelques globules celluloïdes isolés, avec grains arrondis de substance jaune.

Fig. 35 *bis*. Œuf de *Ph. cristata*, avec îlots épars de globules celluloïdes.

Fig. 35 *ter*. Un de ces îlots avec grains jaunes à forme plate.

Fig. 36. Œuf jeune de *Clavelina lepadiformis* de $0^{mm},01$ de diamètre. *f*, *x*, cellule folliculaire; *a*, *b*, *c*, disques très aplatis (empruntée à Seeliger).

Planche IX.

Fig. 35[4]. *Phallusia cristata*. Œuf dont les globules celluloïdes ou cellules granuleuses commencent à sortir du vitellus.

Fig. 37. Œuf de *Molgula nana* traité par l'acide acétique au 1/200e. *x* tissu aréolaire ovarien provenant du cloisonnement des cellules folliculaires. Quelques cellules granuleuses aplaties sont sorties du vitellus.

Fig. 38. Œuf mûr de *Phallusia cristata* dans l'eau de mer. Vitellus entièrement rempli de globules vitellins, opaque ; *y* cellules granuleuses devenues libres, avec grains jaunes réunis au centre, et formant une sorte de noyau.

Fig. 39. Œuf de *Ciona intestinalis* traité par le carmin de Beale, et

Digitized by Google

montrant la manière dont les cellules granuleuses sortent du vitellus sous forme de bourgeons. Nucléus de l'œuf invisible dans le vitellus opaque.

Fig. 40. Œuf mûr de *Ciona* pris dans l'oviducte, avec grandes cellules folliculaires. La couche des cellules granuleuses s'est séparée du vitellus et adhère à la membrane sous-capsulaire.

Fig. 41 Œuf de *C. intestinalis* frais, dans l'eau de mer. *x* grandes cellules folliculaires cloisonnées, commençant à devenir coniques; *y* ellules granuleuses renfermant de gros grains *jaunes*.

Fig. 42. Œuf de *Botryllotdes rubrum* le 17 juin, dans l'eau de mer. Vitellus rouge foncé, segmenté et à la phase Gastrula. Couche de cellules granuleuses roses, petites et à plusieurs couches. *x* couche épaisse, cartilaginiforme, formée par la sclérose des cellules folliculaires. La face interne de cette couche est mamelonnée et a laissé son empreinte sur une membrane *z* qui paraît recouvrir la couche des cellules granuleuses.

Fig. 43. Œuf de *Molgula socialis*, le 6 avril 1882. *x* cellules folliculaires à base épaissie; *y* cellules granuleuses, dont quelques-unes semblent se segmenter.

Fig. 44. Œuf de *M. socialis*, 26 avril. Les cellules granuleuses n'ont fait saillie que sur un point. Surface du vitellus mamelonnée par suite de la présence des cellules granuleuses dans les couches superficielles du vitellus.

Fig. 45. Œuf de *M. socialis* traité par le carmin de Beale, et dont les cellules granuleuses commencent à être expulsées.

Fig. 46. Œuf de *Molgula nana* le 7 janvier, après quatre heures de traitement par le carmin de Beale. *x* cellules folliculaires; *y* cellules granuleuses, dont quelques-unes se sont désagrégées; *n* nucléus, *n'* nucléole déformé.

Planche X.

Fig. 47. Œuf de *Molgula socialis* avec quelques cellules granuleuses plus ou moins aplaties. Les cellules foliculaires ont été détachées.

Fig. 4. Œuf de *Phallusia mamillata* avancé, traité par le carmin de Beale. *x* cellules folliculaires; *y* cellules granuleuses libres et éparses, recouvertes par une membrane *z* et remplies de granulations jaunes.

Fig. 49. Œuf de *P. mamillata*. *x* cellules *folliculaires* cloisonnées; *y* cellules granuleuses éparses et aplaties entre le vitellus et la

Digitized by Google

membrane vitelline *z* et avec granulations jaunes; *sc* membrane sous-capsulaire.

FIG. 50. Portion de la surface d'un œuf de *Molgula socialis*. *x'* cellules folliculaires devenues *aréolaires* ; *y* cellules granuleuses libres; *y'* cellules granuleuses semblant soulever une membrane vitelline *z*.

FIG. 51. Œuf de *Didemmum cereum* observé le 3 mars 1882. Embryon urodèle dont la tête est en A et la queue en B ; *y* cellules granuleuses entassées ; *x* cellules folliculaires.

FIG. 52. Œuf de *Botryllus marionis*, le 4 mars 1883. *x* cellules folliculaires ; *y* cellules granuleuses formant des groupes épars et irréguliers à la surface du vitellus.

FIG. 53. Œuf de *Ciona*, le 10 janvier, traité par le carmin de Beale, avec plusieurs corpuscules intra-vitellins, dont l'un est logé dans une excavation du nucléus.

FIG. 54. *a*,*b*. 55. *a*,*b*. 56. *a*,*b*. 57, 58, 59... 71, représentant de jeunes œufs de *Ciona* avec corpuscules intra-vitellins. Ces figures sont destinées à représenter le mode d'origine des corpuscules intra-vitellins et leur relation avec les cellules folliculaires.

Digitized by Google

LA

MINÉRALOGIE D'APRÈS HÉRODOTE, CTÉSIAS

ET LES MONUMENTS ÉGYPTIENS

Par M. J. THOULET.

Hérodote, né à Halicarnasse, en Asie-Mineure, rédigea ses *Histoires* vers l'an 456 av. J.-C. ; c'est du moins à cette date qu'il fit la lecture du commencement de son ouvrage aux Grecs assemblés pour célébrer les Jeux olympiques. Douze ans après, en 444, il put en lire la fin pendant la fête des Panathénées, et ses auditeurs, saisis d'enthousiasme à cet émouvant récit des luttes et des gloires de la patrie, donnèrent à chacun des neuf livres le nom d'une des muses. En se plaçant au point de vue tout spécial de l'histoire minéralogique, on s'aperçoit bientôt qu'Hérodote ne fournit le plus souvent que des renseignements assez vagues ; mais comme parmi les peuples dont il décrit les coutumes il en est sur lesquels on ne connaîtrait sans lui que peu de chose, ses indications ne laissent pas que d'être extrêmement précieuses. L'œuvre est en outre si nettement et si habilement divisée que la chronologie devient aisée à saisir et qu'il suffit de faire la part des erreurs dont la critique moderne, dans sa sévérité, a souvent convaincu le Père de l'Histoire. La Grèce proprement dite est une des nations au sujet desquelles Hérodote se montre le plus sobre de détails techniques ; par bonheur, les documents relatifs à cette contrée sont nombreux, et ce qui manque dans un auteur se trouve dans un autre, de sorte que lorsqu'il s'agit de se rendre compte de l'état industriel et scientifique des Grecs, l'embarras tient quelquefois à cette abondance d'informations plutôt qu'à leur rareté.

Nous allons, autant que possible, suivre l'ordre adopté par Hérodote. Après la Grèce, nous examinerons les colonies de l'Asie-

Digitized by Google

Mineure et nous passerons en revue chacune des nations voisines, dont la plupart se sont ensuite confondues avec le vaste empire des rois de Perse.

Depuis la guerre de Troie, c'est-à-dire pendant un intervalle de temps dépassant cinq cents années, l'industrie du fer s'était vulgarisée, et dans certaines villes s'étaient établis des forgerons. En 620, la Pythie [1] avait prédit aux Lacédémoniens, alors en guerre avec les Tégéates, qu'ils vaincraient leurs ennemis s'ils parvenaient à trouver et à rapporter dans leur ville les ossements du héros Oreste ; le Spartiate Lichas les découvrit dans la cour d'un forgeron de Tégée et assura ainsi la victoire à sa patrie. En effet, s'étant par hasard arrêté devant sa boutique, tout émerveillé de l'adresse de l'ouvrier façonnant le fer, celui-ci l'interpella en lui disant qu'il serait bien plus étonné s'il voyait le cercueil long de sept coudées enterré dans le sol de sa cour. Lichas se rappela l'oracle, et par une ruse s'appropria les ossements. Il est intéressant de remarquer, grâce à cette légende, que les Spartiates, auxquels le fer aurait été si nécessaire pour la fabrication de leurs armes, mirent plus de temps encore que les autres Grecs à connaître le travail de ce métal, tant il est vrai que jusqu'à ces derniers temps et avant que la guerre fût devenue une science, une civilisation militaire était forcément l'ennemie de tout développement industriel et peut-être même intellectuel.

L'or est encore rare, au moins à Sparte, puisque les Lacédémoniens sont obligés d'aller acheter à Sardes, au roi Crésus [2], l'or nécessaire pour revêtir une statue d'Apollon destinée à la ville de Thornax en Laconie. Il est assez difficile de deviner ce qui devait constituer le paiement : il n'était pas évidemment en pièces d'or, qu'on aurait pu immédiatement employer pour la statue, et Sparte était assez pauvre en objets manufacturés. Quoi qu'il en soit, Crésus, qui tenait à gagner l'amitié de la république, refusa d'accepter ce paiement, de sorte que, par reconnaissance, on lui

[1] Hérod., I, 68.
[2] Hérod., I, 69.

Digitized by Google

envoya un vaste cratère d'airain orné extérieurement jusqu'au bord, de figures, de plantes et d'animaux, et fabriqué probablement hors du territoire de Lacédémone. Cependant les autres peuples de la Grèce et même du Péloponèse ne subissaient pas la même disette de métaux précieux, car, sans recourir aux découvertes archéologiques et en ne nous appuyant que sur le témoignage d'Hérodote [1], nous voyons les Argiens, après avoir été défaits par les Spartiates et avoir perdu Thyrée, promulguer une loi pour défendre à toute femme de porter des bijoux en or avant le jour où la ville serait reprise. On recueillait l'or dans des laveries établies le long des cours d'eau et dont on a retrouvé des traces en divers endroits, et particulièrement à Haliacmon, sur le versant oriental du Pinde.

La seule mine située en Grèce proprement dite et dont Hérodote fasse mention, est celle du Laurium, à l'extrémité méridionale de l'Attique, vers le cap Sunium, où l'on exploitait une galène argentifère. D'après Xénophon et Vitruve, on y travaillait depuis le temps de Cécrops, vers — 1500, ou tout au moins à l'époque de la guerre de Troie, et l'on trouve encore des traces de fonderies près des villages modernes de Thorico, de Cypriano, d'Ergastiria, de Berzéko et de Sintérini. Ces mines étaient considérées comme épuisées du temps de Strabon [2] mais de nos jours une compagnie industrielle, imitant un procédé mis en usage au même endroit par les anciens, a songé à tirer parti des vieilles haldes et scories, qui contiennent de 6 à 7 °/₀ de plomb et 100 ou 120 gram. d'argent à la tonne. Après Marathon, Thémistocle, comprenant bien que la lutte entre l'Europe et l'Asie, loin d'être terminée, ne faisait que commencer et qu'une puissante marine offrait la seule chance de salut, sut persuader cette idée aux Athéniens et fit appliquer le produit des mines du Laurium, jusqu'alors partagé entre tous les citoyens, à la construction de cent cinquante galères. Quelques années plus tard, en 480, ces navires vaincront à Salamine.

---

[1] Hérod., I, 82.

[2] Strabon, IX, 23.

Digitized by Google

Tout proche du continent hellénique existaient quelques gisements minéraux exploités. Ainsi l'île de Mélos (Milo), dans l'Archipel, produisait en abondance le soufre, dans deux localités portant aujourd'hui les noms de Stakistra et de Firlingo, l'une à l'est, l'autre à l'ouest du mont Kalamo. Autrefois, l'île était très boisée, et, pour extraire le soufre, les anciens employaient des sortes de fourneaux de galère chauffés au bois. La principale exploitation était située au pied même du mont Kalamo, vers l'est ; elle est reconnaissable à de vastes amas de résidus au milieu desquels on rencontre des fragments de poterie et les débris des vases en terre dans lesquels on distillait le minerai [1]. On trouvait aussi à Mélos l'alun et l'argile smectique ou terre à foulon. Cette dernière substance avait une importance particulière à une époque où les vêtements étaient fabriqués exclusivement avec de la laine exigeant un dégraissage préalable. Cette abondance de minéraux avait été la cause de la prise de possession de l'île par les Giblites, tribu phénicienne dont la capitale était Gebel ou Byblos. Le prépondérance de cette tribu marque la fin de la première période de l'histoire phénicienne et précède immédiatement la période pendant laquelle Sidon domine à son tour, de sorte qu'on peut la ramener au XVIe siècle environ avant notre ère [2]. C'est alors que les flottes phéniciennes, chassées du continent grec par les races aryennes, jetaient des colonies à Chypre, à Rhodes et dans presque toutes les îles de la mer Égée jusqu'à la Thrace, l'Hellespont et la mer Noire, pour profiter des richesses des peuples de la Colchide, les Saspyres, les Chalybes et toutes les tribus touraniennes du Pont-Euxin, habitant les massifs montagneux compris entre l'Halys et le Caucase, et qui, depuis l'antiquité la plus reculée, se livraient à l'exploitation des métaux et surtout du fer et de l'étain. On tirait de ces contrées lointaines l'ambre, l'or, l'argent, le plomb, qui auparavant étaient obligés de suivre la voie

---

[1] Fouqué ; Les anciens Volcans de la Grèce. (*Revue des Deux-Mondes*, 15 janvier 1867.)

[2] Maspero ; *Hist. anc. des peuples de l'Orient*, pag. 244.

Digitized by Google

de terre à travers l'Arménie et la Syrie. Les Sidoniens travaillèrent les mines d'or du mont Pangée, celles de Thasos, de Samothrace ; et comme les Bithyniens recueillaient une grande quantité d'argent dans leurs montagnes, afin que les minerais fussent obligés de passer par leurs mains, ils occupèrent Pronectos, à l'entrée du golfe Astacenus (golfe d'Ismid). On voyait alors un vaisseau phénicien partout où pouvait s'établir un commerce, une industrie, partout où le génie d'une race active et pacifiquement civilisatrice pouvait élever un comptoir, creuser une mine, bâtir une usine ou construire un atelier de teinture.

L'île de Siphnos (Sifanto), voisine de Mélos et également colonisée par les Phéniciens, possédait des mines d'or et d'argent tellement abondantes[1] que les Siphniens passaient pour les plus riches des insulaires. Leur forum et leur prytanée étaient en marbre de Paros, ce qui fixe une date pour l'ouverture des carrières de cette dernière île et du dixième du produit de leurs mines ; ils avaient consacré à Delphes « un trésor que nul ne surpasse en magnificence ». Le reste, selon la coutume primitive, était partagé entre tous les citoyens. L'or et l'argent étaient épuisés du temps de Pausanias, mais il existait encore à Siphnos des gisements de plomb, de cuivre et de fer[2]. Tant de richesses excitèrent l'envie des Samiens, gens fort pratiques d'ailleurs, qui, assiégés dans leur ville par les Spartiates et les Corinthiens (532), venaient d'acheter la retraite des alliés en donnant aux Lacédémoniens une grande quantité de monnaie d'or en apparence, mais qui n'était en réalité que du plomb doré. Les Samiens attaquèrent donc les Siphniens et les pillèrent. Notons, en passant, que les envahisseurs arrivèrent portés sur des vaisseaux rouges (μιλτος), car « jadis tous les vaisseaux étaient peints de cette couleur ». On trouve déjà dans Homère une allusion à cette coutume.

De l'autre côté de la Grèce, dans l'île de Zacynthe, on savait

---

[1] Hérod., III, 57.

[2] Hérod. ; trad. angl. par Rawlinson, II, 455.

Digitized by Google

tirer parti des sources bitumineuses, qui y existent encore maintenant.

Si nous suivons la côte septentrionale de la mer Égée, nous rencontrons un vaste district minier. Les mines d'argent du fleuve Strymon furent célèbres dans l'antiquité ; elles étaient situées non loin du lac Prasias (lac du Butkowo), en Péonie, près du mont Dysore et de la frontière de Macédoine ; elles étaient déjà exploitées du temps du tyran Pisistrate[1], car en — 538, celui-ci employa leur revenu à affermir son pouvoir lorsqu'il rentra pour la troisième fois dans Athènes après la victoire de Pallène. De — 497 à — 454, ces mines rendirent à Alexandre Ier, fils d'Amyntas, qui régna sur la Macédoine[2], un talent d'argent, c'est-à-dire plus de 4,000 fr., par jour. La mine voisine de Siderokapsa est encore exploitée aujourd'hui.

Les mines d'or de Scapté-Hyla eurent une renommée au moins aussi considérable que celles du Strymon. Exploitées d'abord par les Sidoniens[3], elles se trouvaient sur le continent de Thrace, près de la ville de Datum, en face de l'île de Thasos, qui elle-même possédait sur son territoire d'autres mines à peine inférieures aux premières. Les Thasiens tiraient 80 talents des unes et un peu moins des autres. « Les mines sont dans l'île entre les lieux que l'on appelle Enyra et Cinyra, vis-à-vis Samothrace ; c'est une haute montagne bouleversée par les fouilles ». Ces termes d'Hérodote sembleraient montrer que le gisement était peut-être du genre de ceux de la Californie, pour lesquels on emploie l'ingénieux système de désagrégation sous l'action d'un jet d'eau puissant, car une montagne n'est bouleversée tout entière que lorsque l'or est distribué dans toute sa masse, à moins toutefois que l'expression ne fît que signifier que l'exploitation se faisait à ciel ouvert. La femme de Thucydide était de ce pays et avait la propriété de quelques-unes des mines. C'est là que se retira

---

[1] Hérod., I, 64.
[2] Hérod., V, 17; VI, 23, 46; VII, 112. Thucyd., IV, 105.
[3] Hérod., VI, 46. Thucyd., I, 100.

Digitized by Google

l'illustre historien lorsqu'il fut exilé d'Athènes, et il y écrivit son histoire de la guerre du Péloponèse.

La Thrace avait enfin des sources d'eaux minérales[1] près du Téare (Karagatch), affluent secondaire de l'Hèbre (Maritza) ; elles étaient au nombre de trente-huit, coulant de la roche même, les unes froides et les autres chaudes, et leurs vertus étaient déjà appréciées, car « elles guérissent toutes les maladies et principalement la gale des hommes et des chevaux ».

Une région voisine de la Grèce joua un rôle important dans l'histoire des mines et de la métallurgie, et, à ce titre, elle mérite d'attirer l'attention d'une manière spéciale. De l'autre côté de la mer Égée se développe le rivage dentelé de l'Asie-Mineure, dont le royaume de Lydie occupe à peu près la partie centrale ; à l'intérieur, se trouvent de hautes montagnes, et de l'une d'elles, le mont Tmolus, descend le célèbre Pactole, qui arrose la ville de Sardes et va mêler ses eaux à celles de l'Hermus, Toute la contrée est aurifère ; mais primitivement le précieux métal arraché aux montagnes s'était, à cause de sa densité considérable, concentré dans la plaine de Sardes et de Magnésie, située en contre-bas. Ces vastes placers, enrichis par le lent travail des eaux pendant des centaines de siècles, livrèrent leur or presque sans travail aux premiers ouvriers. Les pays environnants étaient presque aussi bien partagés. Déjà Homère cite les Halisones et Alybe, « d'où l'argent tire son origine »; la Bithynie, la Thrace, la Mysie, possédaient de l'or et des mines d'argent ; la légende de Midas, roi de Phrygie, qui changeait en or tout ce qu'il touchait, était déjà ancienne du temps d'Hérodote. En outre de ces conditions d'un ordre pour ainsi dire tout matériel, le système social favorisait alors l'accumulation des richesses entre les mains d'un seul. A l'époque d'Homère, quatre cents ou cinq cents ans avant Crésus, la tribu était encore trop petite, son chef n'avait ni assez de terrain ni assez d'hommes pour que ses trésors devinssent jamais considérables ; et cependant on sait l'étonnante

[1] Hérod., IV, 90.

Digitized by Google

quantité de bijoux d'or et d'argent retrouvés par M. Schliemann.

Il fallait un état social plus avancé, résultant du groupement des tribus par suite de l'absorption politique des plus faibles par les plus forts, afin de concentrer sous un seul maître les territoires et les hommes, c'est-à-dire les mines et les ouvriers. Les relations commerciales étaient à peu près nulles, rien ne sortait du pays par voie d'échange : les rois finissaient donc par tout réunir ; et comme ils n'avaient guère à faire de dépenses, sinon des offrandes aux dieux, leurs trésors ne cessaient d'augmenter et arrivaient à atteindre un total fabuleux.

Hérodote[1] nous a laissé l'énumération des dons faits par les rois lydiens aux principaux oracles. Vers l'an—710, Gygès envoie à Delphes de riches présents, « car, de toutes les offrandes d'argent qui se trouvent dans le temple, le plus grand nombre vient de lui ; il dédia aussi une immense quantité d'ouvrages d'or, parmi lesquels six cratères pesant trente talents », ce qui, à 26 kilog. le talent, donne un poids de 780 kilog., soit environ deux millions et demi de francs de notre monnaie. Avant lui, Midas, fils de Gordius roi de Phrygie, avait consacré le trône royal sur lequel il s'asseyait pour rendre la justice, et, au témoignage de Théopompe et de Phanias d'Érèse, ce don fut le premier qui fut fait en or et en argent au sanctuaire de Delphes[2]. Alyatte envoya à son tour un grand cratère d'argent avec une soucoupe de fer forgé ou d'acier (κόλλησις). Pausanias[3] vit cette soucoupe et dit que ses différentes parties n'étaient point fixées ensemble par des clous ou par des rivets, mais soudées, et Athénée[4] rapporte qu'elle était couverte de figures de plantes et d'animaux. Hérodote[5] ajoute que « cet objet est le plus digne de remarque de tous ceux consacrés à Delphes, car il est l'œuvre de Glaucus de Chios, qui le premier de tous les hommes inventa

---

[1] Hérod., I, 14.

[2] Hérod., trad. Rawlinson, note I, 155.

[3] Paus., X, XVI, § 1.

[4] Deipnosoph., V, 13 ; Hérod., trad. Rawlinson, note I, pag. 161.

[5] Hérod., I, 25.

Digitized by Google

l'art de souder le fer ». Ce passage ne nous permet malheureusement pas de fixer d'une manière très exacte l'époque où fut introduit en Grèce le procédé de soudure, car cette soucoupe avait peut-être été fabriquée très longtemps avant d'être offerte, et nous n'avons point d'autres informations au sujet de ce Glaucus.

Crésus, le dernier des Mermnades, succéda en—560 à son père Alyatte. Il commença par soumettre tous les peuples ses voisins, Phrygiens, Mysiens, Maryandiniens, Chalyses, Paphlagoniens, Thraces, Thyniens, Bithyniens, Cariens, Ioniens, Doriens, Éoliens et Pamphyliens. Son empire s'étendait sur toute l'Asie-Mineure, à l'exception de la Cilicie et de la Lycie ; il était borné au nord par le Pont-Euxin et la Propontide, à l'ouest par la mer Égée, au sud par la mer Intérieure, à l'est par le fleuve Halys, qui lui servait de frontière avec les Mèdes. Aussi les richesses de Crésus étaient-elles immenses et la liste de ses dons est encore plus longue que celle des rois ses prédécesseurs. Afin de se rendre propice le dieu de Delphes[1], il immole en son honneur trois mille têtes de bétail, puis il entasse sur un bûcher des lits revêtus de lames d'or et d'argent, des coupes d'or, des vêtements; il ordonne à ses sujets d'apporter ce qu'ils ont de plus précieux, recueille tout le métal et en fait au marteau cent demi-briques, dont quarante d'or affiné, pesant chacune un talent et demi, et soixante d'or blanc à deux talents chaque. Cet or blanc (λευκος χρυσος) est l'alliage d'or et d'argent appelé ελεκτρον en grec, *electrum* en latin, et à propos duquel les commentateurs se sont livrés à de si longues discussions. Outre ces briques, Crésus envoie à Delphes un lion en or pur de dix talents, un cratère d'or pesant huit talents et demi et douze mines, un cratère d'argent contenant huit cents amphores, quarante barils d'argent, des vases à libations en argent, une statue de femme en or, de trois coudées ; des colliers et des ceintures. L'oracle d'Amphiaraüs eut un bouclier d'or massif et une javeline d'or d'une seule pièce ; le temple d'Apollon Isménien, à Thèbes en Béotie, reçut un tré-

[1] Hérod., I, 50.

Digitized by Google

pied d'or, Éphèse des vaches d'or, Minerve de Delphes un grand bouclier d'or ; enfin chacun des habitants de cette ville de Delphes eut deux statères d'or, c'est-à-dire environ 38 fr. 30 de notre monnaie. Sans accepter d'une façon absolument aveugle les allégations d'Hérodote et tout en admettant que l'historien, par enthousiasme, ait forcé sinon le nombre des offrandes du moins leur poids, il est certain que de pareilles offrandes avaient une valeur immense.

Il y eut dans la suite des siècles quatre centres de production des métaux précieux : d'abord l'Asie-Mineure, puis l'Espagne carthaginoise et romaine, au XVIe siècle le Mexique et le Pérou, en 1848 la Californie, et enfin, plus récemment et sur une échelle moindre, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Chacune de ces régions, grâce à sa richesse minérale, a fait jouer à un peuple un rôle important dans l'histoire de l'humanité. Mais, par suite des relations étroites qui existent à notre époque parmi les nations, ce qu'un mathématicien appellerait volontiers la force vive de cette richesse métallique est aujourd'hui devenue bienfaisante au lieu d'être funeste. Dans l'antiquité, les effets de la secousse sociale produite par un excès de métal précieux étaient ceux d'un torrent furieux qui dévaste tout sur son passage ; maintenant ils ressemblent à ceux d'un fleuve paisible et bienfaisant, répandant la vie et la fertilité le long des rives qu'il arrose. Il n'est point d'histoire plus triste que celle de Crésus : ce roi, que la fortune accable de ses faveurs, qui reçoit d'elle la gloire, la richesse, la puissance, et qui, simple au milieu de son bonheur, accueille à sa cour, avec une égale bonté, le sage Solon et l'exilé Adraste, excite l'envie des Perses, et en quelques jours il perd son trône, ses enfants et sa liberté. Carthage, enrichie par les mines d'Ibérie, brille pendant un moment d'une splendeur inouïe et ne tarde pas à être écrasée par l'implacable jalousie de Rome. La vaillante Espagne de Ferdinand et d'Isabelle s'empare du Mexique et du Pérou, elle devient la toute-puissante Espagne de Charles-Quint ; mais déjà, sous Philippe II, la chute commence ; elle s'accélère sans cesse, et Montezuma et les Incas sont

Digitized by Google

vengés par l'amoindrissement et la pauvreté des fils de leurs spoliateurs. Quelles que soient les circonstances accessoires qui, provoquées par l'ensemble de la civilisation, font sentir leur influence, le phénomène reste essentiellement le même dans sa nature ; il se produit une surexcitation générale, un éclat momentané, et, bientôt après, la ruine. Les Lydiens[1], les premiers, font usage de monnaies d'or et d'argent frappées ; cette même souplesse d'esprit qu'ils déploient en inventant les jeux, afin de se distraire de leurs souffrances pendant une famine, ils la montrent dans leur génie commercial, qui se retrouve encore chez les Tyrrhéniens ou Etrusques, ces grands travailleurs de métaux, colonie lydienne fondée vers—1500. Mais les Lydiens sont anéantis par les Perses, les Perses par Alexandre, les Ibériens par les Carthaginois; les Carthaginois, les Étrusques, par les Romains; les Indiens par les Espagnols, les Espagnols par eux-mêmes ; tous tombent à leur tour. Par bonheur, l'Américain du Nord et l'Anglo-Saxon laissent se répandre sur le monde l'or de la Californie et de l'Australie, et, grâce au commerce, à l'industrie et surtout à la liberté, ils trouvent maintenant la vie dans cette richesse qui avait causé la mort des autres nations.

Hérodote se montre très sobre de détails sur les Assyriens et les Babyloniens ; cependant il avait visité leur pays, mais il réservait peut-être ses renseignements pour le livre spécial qu'il consacra à ces peuples et qui n'est point parvenu jusqu'à nous. Dans son *Histoire*[2], il se borne à mentionner le bitume, dont on se servit en guise de ciment pour joindre les briques des murailles de Babylone. Ce bitume venait de la rivière Is, qui se jette dans l'Euphrate auprès de la ville du même nom, appelée aujourd'hui Hit et située à une cinquantaine de lieues au nord-ouest de Babylone. La rivière se nomme maintenant Oued Amitsch et les sources de bitume y existent encore. Les murailles de cette capitale étaient percées de cent portes, toutes

[1] Hérod., I, 94.
[2] Hérod., I, 179.

Digitized by Google

d'airain, avec des linteaux et des jambages de même métal. Le temple de Jupiter Bélus possédait une statue du dieu assis sur un trône entouré de degrés, en face d'une large table, et le tout, en or massif, pesait 800 talents ou 15,600 kilogram.; le même sanctuaire renfermait des autels d'or et une autre statue d'or massif, haute de douze coudées, c'est-à-dire environ six mètres, devant laquelle on brûlait actuellement pour 1000 talents d'encens. Il y a dans ce passage une exagération évidente; Hérodote semble même s'en apercevoir, car, à deux reprises différentes, il décline toute responsabilité et annonce qu'il tient ses informations de la bouche des prêtres Chaldéens. Il décrit aussi[1] les grands travaux exécutés vers — 550 par la reine Nitocris, qu'on croit femme d'Evilmérodach et mère de Nabonahid, le dernier roi de Babylone, le Balthasar de la Bible et le Labinetos des historiens grecs. Les principaux étaient l'immense bassin destiné à recevoir les eaux du fleuve et le pont sur l'Euphrate, tous deux construits en pierres de taille reliées entre elles avec du fer et du plomb. On voit que, depuis Homère, ce dernier métal a trouvé un emploi plus utile que celui de lest à faire enfoncer plus rapidement les lignes de pêche. Ces quelques renseignements permettent de reconnaître que ces peuples étaient experts dans l'art de travailler les métaux, et cette opinion a été confirmée par les fouilles opérées depuis 1842 par MM. Botta, Layard et par d'autres savants. On a en effet reconnu qu'à Ninive comme à Babylone, les ouvriers se servaient d'instruments de fer et d'acier[2] et confectionnaient des armes ciselées, des cottes de mailles et des cuirasses, des meubles incrustés ou revêtus de plaques métalliques, des feuilles de bronze travaillées au repoussé, des vases couverts de sujets variés et de nombreux bijoux, bracelets ou pendants d'oreilles. Ils assemblaient leurs meubles avec des clous de cuivre et on a retrouvé dans les ruines de Ninive des roues en cuivre montées sur un axe en fer. Un

---

[1] Hérod., I, 183.

[2] P. Gaffarel; *Hist. anc. des peuples de l'Orient*, pag. 202.

Digitized by Google

recueil d'hymnes antiques, faisant partie de la bibliothèque du roi Assur-Ibani-Pal, le Chiniladanos des Grecs, qui régnait de — 669 à 647, renferme le passage suivant: « Feu, c'est toi qui mêles le cuivre et l'étain ; c'est toi qui purifies l'or et l'argent. » Les Assyriens et les Babyloniens avaient porté très loin leurs connaissances en minéralogie. On possède, dit-on, une série de tablettes d'argile recouvertes de caractères cunéiformes et donnant un catalogue de minéraux divers ; un autre catalogue a été laissé par le Maure Abolays[1], dont l'ouvrage, traduit par Iehuda Mosca vers le milieu du XIIIe siècle, comprend 325 minéraux connus des Chaldéens et répartis entre les douze signes du zodiaque, suivant les rapports que l'on supposait exister entre les différentes pierres et chacune des constellations. Voici les noms modernes de ces pierres ; nous nous bornons à citer, sans vouloir discuter en rien la plus ou moins grande exactitude de la traduction: hyacinthe ou grenat, améthyste, jaspe, saphir, agate, émeraude, onyx, cornaline, chrysolite, aigue-marine, topaze et rubis.

Parmi les hiéroglyphes ninivites, on trouve des signes spéciaux pour distinguer les métaux usuels et les métaux précieux. Ainsi que le fait observer M. G. Rawlinson [2], les Touraniens vivant au milieu des gisements de l'Altaï, où les minerais et les métaux à peu près purs se rencontrent presque à fleur de terre, apprirent vite l'art du mineur, du fondeur et de l'orfèvre, et ils l'implantèrent en Chaldée. Les plus vieilles tombes de ce pays renferment des objets en or, en bronze et en fer : couteaux, hachettes, faux, bracelets, boucles d'oreilles ciselées. A côté, on trouve des instruments en silex taillé et poli. Mais le métal le plus répandu est le bronze [3], tandis que le fer est rare et sert surtout à confectionner les bijoux.

L'admirable position géographique de Babylone avait fait de

---

[1] Dieulafait ; *Diamants et pierres précieuses*, pag. 42.

[2] G. Rawlinson ; *The five great monarchies*, tom. I, pag. 98-99.

[3] Maspero ; *Hist. anc. des peuples de l'Orient*, pag. 141.

Digitized by Google

cette ville un centre commercial de la plus haute importance, où venaient affluer, apportées, soit par les caravanes, soit par la voie maritime, les matières premières des pays les plus lointains. Ces matières, après avoir été travaillées à Babylone ou à Borsippa, repartaient pour être distribuées dans l'Asie entière et même en Europe par les nombreuses routes qui convergaient sur cette capitale. Au beau temps de Ninive[1], sous le règne de Touklat-Habal-Asar II, c'est-à-dire de — 745 à — 727, trois routes principales suivaient la vallée du Tigre : l'une traversait le grand Zab et débouchait sur le lac d'Ourmiah; l'autre se dirigeait sur Ecbatane, la troisième remontait le petit Zab, et les caravanes, par ces trois routes, rapportaient les produits de l'Inde, l'or, le fer, le cuivre, et les pierres précieuses telles que la cornaline, l'agate et le lapis-lazuli. La région était tellement riche que Tritantechme, fils d'Artabaze, gouverneur de l'Assyrie pour le roi de Perse Cyrus, tirait de cette satrapie un artabe d'argent par jour[2]. Or un artabe perse valant un médimne d'Athènes et trois chénices attiques, soit 545 litres ; si nous prenons le nombre de 10 au lieu de 10,47 pour densité de l'argent, afin de donner aux évaluations leur valeur minimum, nous arrivons à un total d'environ 540 kilogram. d'argent, valant 108,000 francs par jour, et pour un an 39,420,000 francs.

Avant d'aborder l'étude des connaissances minéralogiques et métallurgiques chez les peuples de l'Asie occidentale, il n'est pas inutile de résumer l'histoire des Mèdes et celle des Perses. Le développement intellectuel et scientifique d'une nation est trop directement lié à son état politique pour qu'on néglige une occasion d'appuyer par un exemple cette vérité que le passé tout entier a élevée au rang d'axiome.

Les Mèdes composaient une tribu aryenne sortie par émigration de l'antique Bactriane ; sur leur route, ils avaient heurté et vaincu les Touraniens, premiers habitants de la contrée située

---

[1] Maspero ; *Ibid.*, pag. 370.

[2] Hérod., I, 192.

Digitized by Google

entre la mer Caspienne et le golfe Persique ; mais au xe siècle avant l'ère chrétienne, ils avaient été asservis par les rois d'Assyrie. Vers — 750, sous la conduite de leur chef Arbacès, ils se révoltèrent, assiégèrent dans Ninive le roi Assur-Nirari, le Sardanapale des Grecs, s'emparèrent de la ville et reconquirent ainsi leur liberté. Déjocès, vers — 700, sut réunir les diverses tribus mèdes ; il bâtit Ecbatane et fonda la dynastie royale. Ses successeurs furent Phraote (– 656 à —634), Cyaxare (—634 à —595) et Astyage (—595 à —559). Sous ce roi, la suprématie passa aux Perses gouvernés par Cyrus (—559 à —529), petit-fils d'Astyage, vainqueur de Crésus à Thymbrée, près de Sardes, et conquérant de Babylone. Après lui régnèrent Cambyse (—529 à 522—), qui annexa un grand nombre de provinces, et Darius (—522 à —485), qui commença les guerres médiques. La décadence de l'empire perse, que ses premiers souverains avaient élevé à un si haut degré de puissance, date de ce roi ; cette vaste monarchie fut brusquement arrêtée dans son développement par la Grèce, à Marathon, à Salamine, à Platées et à Mycale ; à partir de ce moment, elle se décomposa lentement de Xerxès à Darius Codoman (—485 à — 330), et elle finit par tomber en lambeaux sous les coups d'Alexandre.

Les renseignements que nous ont laissés les historiens grecs sur la Médie et la Perse nous viennent non seulement d'Hérodote mais aussi de Ctésias, qui, né à Cnide, en Asie-Mineure, fut médecin d'Artaxerxès Mnémon (—404 à — 362) et, d'après Diodo r, habita la Perse pendant dix-sept ans. Les Égyptiens eurent dans l'origine le privilège de fournir des médecins aux rois de Perse ; mais Darius Ier, ayant eu à se plaindre de l'un d'eux, appela auprès de lui le Grec Democédès, alors au service de Polycrate, tyran de Samos, et depuis cette époque les médecins royaux furent toujours des Grecs. Certains historiens supposent que Ctésias était au nombre des auxiliaires grecs du prétendant Cyrus et qu'il fut fait prisonnier à Cunaxa ; d'autres racontent au contraire qu'il était déjà alors au service d'Artaxerxès et soigna même la blessure reçue par le roi à cette bataille. Sans entrer dans cette

Digitized by Google

discussion biographique, d'ailleurs étrangère au sujet que nous traitons, et prendre parti, soit pour Tzetzès, soit pour Xénophon, on peut dire que Ctésias écrivit ses œuvres environ 400 ans avant J.-C., c'est-à-dire moins d'un demi-siècle après Hérodote, de sorte qu'aujourd'hui on est presque en droit de considérer ces deux auteurs comme contemporains. Le séjour de Ctésias en Asie coïncida avec la guerre du Péloponèse, c'est-à-dire avec le moment où le commerce entre l'Europe, la Perse et l'Inde présenta justement sa plus grande importance. Ce médecin joua même un certain rôle politique, et vers la fin de sa vie il servit d'intermédiaire dans les relations toujours assez tendues existant entre le grand roi et les petits tyrans des îles de la mer Égée ou les villes grecques de l'Asie-Mineure. Ctésias, dont les œuvres sont généralement imprimées à la suite de celles d'Hérodote, a écrit plusieurs ouvrages, les uns politiques, d'autres relatifs à l'histoire naturelle, dont il ne reste plus que des fragments, et cette perte est regrettable, car, en dépit d'une excessive crédulité, défaut assez commun chez les savants de l'antiquité, la position occupée à la cour par l'auteur devait lui avoir fourni, plus qu'à tout autre, la possibilité de voir par lui-même bien des faits dont nous aurions eu ainsi connaissance.

Dans l'antiquité comme de nos jours, l'Asie était le gouffre où s'engloutissaient les richesses métalliques du monde entier; l'or et l'argent, une fois entrés dans cette contrée, n'en sortent plus et sont à jamais perdus pour l'entretien de l'activité humaine. On ne sait pas exactement ce que deviennent tous ces trésors. Les Asiatiques aiment, il est vrai, le faste; mais, quelle que soit la quantité d'or ou d'argent employée pour l'ornementation, elle ne suffit pas à expliquer une absorption se continuant pendant plusieurs milliers d'années. Si on se reporte aussi loin que possible dans l'histoire, on trouve ce goût du luxe dans toutes les coutumes comme dans tous les arts. Dejocès, le premier roi des Mèdes, fonde Ecbatane vers 700 et entoure la ville de sept remparts dont chacun possède des créneaux d'une couleur particulière : ceux des premiers remparts étaient blancs, ceux du second

Digitized by Google

noirs ; ceux des autres étaient pourpres (φοινικεοι), bleus, rouges, et enfin plaqués d'argent et d'or[1]. L'adjectif grec dont Hérodote se sert dans son récit montre que les Phéniciens, qui déjà du temps d'Homère teignaient les tissus en pourpre, avaient continué la pratique de cette industrie, puisque leur nom était devenu synonyme de la teinte employée. Nous traduisons par le mot rouge le mot σανδαρακινος et nous donnons à cette couleur la nuance, non pas de la sardoine comme certains auteurs qui font une mauvaise lecture du texte grec, mais celle de la sandaraque, qui est le réalgar ou sulfure d'arsenic. Ce corps est assez abondant dans la nature ; on en connaît des gisements en Chine, et aujourd'hui les Chinois s'en servent comme peinture et comme médicament. Toutefois, il est douteux qu'on l'ait jamais trouvé en assez grande abondance pour qu'il pût être employé à peindre les créneaux d'un rempart, et il est plus probable qu'on se servit d'ocres ferrugineuses fortement calcinées, donnant une couleur rouge très belle, très abondante, facile à préparer et connue de toute antiquité. Il est curieux de remarquer que, de nos jours, le palais de l'empereur de Chine à Pékin est défendu par un certain nombre de murailles dont chacune est peinte d'une couleur différente ; mais le mot d'Hérodote prouve que le réalgar était exploité, du moins chez les Grecs.

Dès leur origine, les peuples asiatiques, riches des produits de leur propre territoire et de ceux des nations étrangères, ne savent plus, pour ainsi dire, à quel usage dépenser leur or et leur argent. Au temps des premiers rois perses, on a déjà l'habitude d'enterrer les morts couverts de vêtements précieux, d'or et de bijoux[2]. Quand Astyage, effrayé par un songe, remet vers— 580
son petit-fils Cyrus à Harpage, afin que celui-ci le laisse dévorer par les bêtes sauvages[3], l'enfant est « orné pour la mort », c'est-à-dire « paré d'or et d'une robe de couleur variée ». Un peu

---

[1] Hérod., I, 98.
[2] Hérod., I, 111.
[3] Hérod., I, 109.

Digitized by Google

plus tard, au moment de la splendeur de l'empire perse, le luxe augmente, et dans ses voyages le grand roi ne boit plus que de l'eau du fleuve Choaspe, préalablement bouillie et transportée dans des vases d'argent.

Les métaux abondaient en Perse aussi bien que dans les contrées voisines : les Massagètes, qui habitaient à l'orient de la mer Caspienne et autour de la mer d'Aral[1], employaient l'or et le cuivre. « Les pointes de leurs javelots et de leurs flèches, leurs haches, sont de cuivre ; les parties métalliques de leurs casques, de leurs tiares, de leurs bretelles et de leurs ceintures, sont en or. Pareillement, autour du poitrail de leurs chevaux, ils posent des cuirasses de cuivre, tandis que le métal des brides, des mors, des harnais, est d'or. Ils ne se servent ni d'argent ni de fer, car il ne s'en trouve point dans leur pays[2]. » Les Éthiopiens donnent en cadeau au roi, tous les deux ans, deux chénices d'or purifié. Le chénice étant une mesure de 1,08 litres, les deux chénices d'or pèsent 41,688 kilogr. et valent environ 150,000 francs. L'Inde produisait de l'or et payait en poudre de ce métal l'impôt dont elle avait été chargée en — 523 par Darius. Ce roi régla le tribut que dut payer chaque nation vassale, et à cette occasion fixa même la valeur officielle de l'or à treize fois celle de l'argent. Hérodote donne avec détail[1] le chiffre de l'impôt pour chaque province de l'empire et en cite la somme en talents d'argent ou d'or : le talent d'or de poids euboïque contenait 60 mines de 324 gram. chacune, tandis que le talent d'argent, poids de Babylone, en contenait 70. « L'argent de Babylone étant réduit en poids euboïque, on a en tout 9,540 talents d'argent ; l'or étant évalué treize fois plus que l'argent, la poudre d'or donne 4,680 talents euboïques. En additionnant ces deux sommes, on trouve pour total de l'impôt annuel payé à Darius, en poids euboïque, 14,560 talents, nombre rond, en négligeant une somme minime. Tou-

[1] Hérod., I, 215.
[1] Hérod., III, 97.
[2] Hérod., III, 95.

Digitized by Google

tes ces sommes font, à peu de chose près, soixante millions de notre monnaie. Arrien rapporte qu'Alexandre trouva 50,000 talents d'argent à Suse lorsqu'il s'empara de cette ville.

Le roi faisait fondre les métaux qu'il recevait et on les versait encore liquides dans des vases en terre cuite ; quand ils étaient refroidis, on brisait l'enveloppe, et, lorsque le roi avait besoin d'argent, il faisait frapper ce qui lui était nécessaire. Darius[1] fabriquait sa monnaie avec l'or le plus pur, et Aryande, gouverneur de l'Égypte, afin d'imiter son maître, fit aussi sa monnaie avec l'argent le plus pur, auquel les Grecs donnaient pour cette raison le nom d'aryandique. La Médie possédait du cuivre, du fer, de l'or et de l'argent en petite quantité, plusieurs espèces de marbres, entre autres celui de Tebriz, des pierres précieuses et du lapis-lazuli.

Une autre région aurifère de l'Asie venait encore alimenter en métaux précieux la Perse et la Médie ; elle était voisine de celle habitée par les peuplades limitrophes des territoires de Caspatyre et des Pactyices, qui se trouvent au nord des autres Indiens[2].

Cette désignation d'Hérodote est assez vague, et il est difficile de faire l'identification avec une carte moderne. Les Pactyices ou Pactyes possédaient l'Arachosie, sur la rive droite de l'Indus, c'est-à-dire l'Afghanistan actuel. L'or se trouvait dans des déserts de sable, mais les véritables déserts ne commencent que de l'autre côté de la frontière, vers l'ouest, en Perse, dans la province du Khorassan, ou au nord-ouest, dans le grand désert du Karakum. Ces territoires, assez éloignés de celui des Pactyes, constituaient la Drangiane, l'Arie, la Parthie et la Bactriane. Certains savants ont identifié la ville de Caspatyre avec Caboul, d'autres avec Cachemire. D'après M. Vivien de Saint-Martin, le pays où l'or est déterré par les fourmis d'Hérodote est celui de Darada, au nord-ouest de Cachemire[3]. Il s'agit sans doute de placers aurifères, qui

---

[1] Hérod., III, 96.

[2] Hérod., III, 102.

[3] Vivien de Saint-Martin ; *Hist. de la Géographie*, pag. 87.

Digitized by Google

du reste existaient encore dans plusieurs autres localités, puisque les Indiens obtenaient aussi de l'or, bien qu'en quantité beaucoup moindre, en creusant « dans la contrée ». Le désert est habité par d'énormes fourmis [1], grosses presque comme des chiens et un peu plus que des renards, qui se cachent dans des terriers et qu'on a supposées être des hyènes ; leur vitesse est sans pareille et leur odorat est assez développé pour leur permettre de retrouver la trace des hommes qui sont venus bouleverser les terriers et emporter dans des sacs la terre mélangée d'or. Les Indiens profitent de l'instant de la journée où la chaleur est si forte qu'elle oblige les hommes à s'arroser à grands flots d'eau fraîche et qu'elle force les fourmis à se cacher ; ils approchent montés sur des chameaux accompagnés de chamelles auxquelles on a pris leurs petits et que l'espoir de les retrouver rend infatigables à la course. Ils chargent la terre et s'enfuient au plus vite. Or, il est impossible d'identifier ces fourmis avec des hyènes, qui fouissent le sol il est vrai, mais qui ne chargent point les hommes et ne sont pas réellement dangereuses ; on a cru aussi voir dans ces animaux les pangolins ou mangeurs de fourmis, qui creusent des sortes de terriers dans les plaines sablonneuses du nord de l'Inde. Dans tous ces dangers, on aperçoit moins une simple exagération naturelle chez « quiconque a beaucoup vu » qu'un mensonge fait de propos délibéré et très calculé, accepté et rapporté par Hérodote avec sa crédulité habituelle. Les rois mèdes ou perses qui exploitaient ces gisements y employaient évidemment leurs prisonniers de guerre, et ces récits avaient le double but d'empêcher les ouvriers de s'enfuir et surtout d'effrayer ceux qui auraient été tentés de parcourir ces régions et de découvrir le secret de leur richesse. Le mensonge est trop souvent une nécessité du commerce ; dans tous les pays et dans tous les temps, il donne plus de prix à la marchandise et fait peur aux concurrents. On retrouve les mêmes fables à propos de certaines contrées du nord de l'Europe où l'or abonde et où il est recueilli par

[1] Hérod., III, 102.

Digitized by Google

les Arimaspes[1], hommes n'ayant qu'un seul œil et qui ravissent ce métal à des griffons, animaux terribles, moitié oiseaux et moitié lions, appartenant à la même famille naturelle que l'oiseau roc des conteurs arabes, et non sans quelques rapports avec les chérubins de l'Écriture qui gardent l'entrée du Paradis. Ctésias indique le pays des Pygmées, où l'argent abonde dans certaines mines plus profondes que celles de Bactriane et où l'on trouve de l'or qui ne se recueille pas dans les fleuves, comme au Pactole, mais que les habitants tirent de montagnes peuplées de griffons[2]. Ce pays des Pygmées est certainement la région située au nord de l'Europe d'Hérodote ; malheureusement ces renseignements sont encore trop vagues pour nous permettre de retrouver la position géographique des Pygmées, que les Grecs ont placés dans mille endroits, en Thrace, dans l'Inde, en Éthiopie, et cela peut-être parce qu'ils n'étaient nulle part.

Nous achèverons rapidement de passer en revue les informations minéralogiques que nous donne Ctésias sur l'Inde. La pierre pantarba, selon les commentateurs[3], serait l'hydrophane, variété d'opale qui devient translucide après avoir été mouillée ; on lui attribuait la propriété d'attirer les autres pierres plongées dans l'eau, et cette croyance s'est prolongée jusqu'au roi Khosroës, qui retrouva ainsi, dit-on, certains joyaux tombés dans le fleuve. Le fer abonde dans les régions septentrionales de l'Inde et a son gisement dans des montagnes tournées vers le nord [4] ; nous verrons tout à l'heure combien cette indication est exacte. L'onyx, la sardoine, et d'autres pierres à fabriquer les cachets, se tiraient de grandes montagnes identifiées par Veltheim [5] avec les monts Bala Gaut, près de Barygaza, aujourd'hui Beroah, dans le Dékan

---

[1] Hérod., III, 116.

[2] Veltheim ; *Von den Gold grabenden Ameisen und Greifen der Alten, eine Vermüthung ap. vermischte Aufsetze*, tom. II, pag. 267.

[3] Leonhard ; *Handbuch der Oryktognosie*, pag. 134.

[4] Ritter ; *Erdkunde*, II, pag. 794.

[5] Veltheim ; *Etwas über die Onyxgebirge des Ctesias und den Handel der Alten nach Ostindien*.

Digitized by Google

et dans le voisinage d'Ozène, appelée maintenant Ougein. Cette dernière ville est dans le Sindhia, au nord-est de Bombay, par 23° lat. nord et 74° de long. est de Paris environ. En réalité, ces mines sont plus à l'ouest, dans le Guzerat. Une fontaine était remplie d'or liquide ; au fond, il y avait du fer dont on avait fabriqué deux épées : l'une appartenait au roi Artaxerxès Mnémon, l'autre à sa mère Parysatis ; fixées dans le sol, elles possédaient la vertu de chasser les nuages et la grêle. Faut-il conclure de là que les propriétés des paratonnerres étaient soupçonnées dès cette époque ? Une autre fontaine repoussait de son sein tout ce qu'on y jetait, excepté le fer, l'argent, l'or et l'airain. Pline[1] la nomme Side, Diodore Silla et Strabon Silia. Nous retrouverons plus tard toutes ces légendes dans les œuvres des voyageurs du moyen âge qui se sont faits l'écho de Ctésias. Cette révérence pour les classiques et leurs affirmations existe encore de nos jours chez certains savants, qui, n'admettant point qu'on puisse taxer d'absurdité ou d'exagération un texte écrit en grec, ont pensé que cette fameuse fontaine était le lac Arsenes en Arménie, aujourd'hui appelé lac de Van [2], qui jouit de cette fabuleuse propriété de rejeter les corps pesants, par suite de la viscosité du liquide qui l'emplit et qui est un mélange de naphte et d'asphalte. Inutile de répéter une fois de plus que la réalité donne tort aussi bien à l'auteur qu'à ses commentateurs,

On trouve plus d'exactitude dans l'opinion que se fait Ctésias de la nature de l'ambre. D'après lui, un certain fleuve de l'Inde nommé Hyparchus fournit tous les ans de l'ambre pendant trente jours ; le succin provient de l'arbre siptachora, qui ombrage les bords de ce fleuve ; la résine tombe dans l'eau en larmes qui durcissent et deviennent de l'ambre. Au reste, la question de l'origine de cette substance est loin d'être résolue, même aujourd'hui. Un autre arbre nommé Parybum, originaire de l'Inde[3], jouit

---

[1] Pline, L, XXXI, 2.

[2] Ctesias ; *De rebus indicis*, pag. 104.

[3] *Ibid.*, pag. 99, *Apud Apollonium*.

Digitized by Google

de la propriété d'attirer à lui l'or, l'argent, l'étain, le cuivre, et tous les autres métaux, sauf l'électrum, et jusqu'aux oiseaux que leur mauvaise fortune fait voltiger dans son voisinage. Le moyen âge a supprimé l'attraction des oiseaux, mais il a conservé la foi dans la baguette de coudrier, qui découvre les veines métalliques au sein de la terre et qui, si elle possédait cette vertu singulière, serait sans doute un rameau de l'arbre parybum.

Il est intéressant de comparer les renseignements donnés sur l'Inde par les anciens avec ceux que l'on possède aujourd'hui ; c'est pourquoi nous empruntons les lignes qui suivent à un écrivain moderne, M. A. Legoyt, dans un remarquable article sur les ressources industrielles de cette contrée [1].

« La richesse minérale de l'Inde est encore peu connue, par suite de l'absence ou de l'extrême imperfection des voies de communication. On y a cependant constaté l'existence de tous les métaux, depuis le fer jusqu'à l'or, ainsi que des pierres les plus précieuses et notamment du diamant. L'or se récolte principalement dans le lit des cours d'eau qui descendent des montagnes et dans les bras principaux du Gange. On le trouve encore dans plusieurs districts du Mysore, principalement à neuf milles à l'est de Boodicotta, où le sol en est imprégné ; dans les montagnes du Nielgherry, surtout à l'ouest ; enfin dans les montagnes voisines de Koondanad et de Ghaut. On peut évaluer à 200 milles anglais (322 kilom.), montagnes comprises, l'étendue territoriale qui, dans les localités que nous venons de nommer, présentent des gîtes ou des sables aurifères. Le cuivre est produit en abondance dans la province de Delhi, où les Indous l'extraient à peu près à ciel ouvert. La province d'Ajmeer en contient également de fort estimé ; le minerai y est presque à l'état métallique, sans aucun mélange de soufre, d'arsenic ou d'autre corps. Le plus pur donne jusqu'à 50 °/₀ et le plus mélangé 6 °/₀ au moins de son poids. Mais l'Inde est surtout riche en minerais de fer ; les montagnes

[1] A Legoyt ; Des intérêts de l'Angleterre dans l'Inde. (*Revue Contemporaine*, 2e série, tom. I, XXXVI de la collection (1858), pag. 43.)

Digitized by Google

granitiques du Népaul et du nord en recèlent des quantités énormes. Les mines de Lahore sont connues par l'abondance de leur rendement. A Oripa et dans le Béjapoor, la fonte du minerai est une industrie considérable. A Porto-Novo, dans la présidence de Madras, des forges ont été établies par une société d'actionnaires qui est également propriétaire des hauts-fourneaux de Brypoor dans le Malabar. Le minerai apporté à ces forges est extrait dans le voisinage, où il se trouve en abondance. Le Mysore est rempli de mines de fer ; son extraction occupe un grand nombre de personnes à Coiinbetore et dans le Malabar. Le fer oligiste, recueilli dans les riches exploitations de Cutch, donne l'acier le plus pur qu'il y ait au monde.

L'Inde produit encore le plomb, l'antimoine, le soufre et l'alun. Ses mines de houille sont inépuisables ; et cependant, faute de moyens de transport, leur exploitation est à peine commencée. Le charbon de Burdwan vaut celui de Newcastle et les mines de cette localité ont des gîtes d'une profondeur extraordinaire. Le sel se trouve partout ; dans les plaines de Mysore, les puits sont salés et le sol se couvre souvent d'une efflorescence saline. Toute une rangée de montagnes s'étendant de l'Indus à l'Hydaspe est entièrement composée de la fameuse roche salée de Lahore. On trouve le nitre en quantité considérable dans le Bengale, dans l'Oude et autres localités ; le sulfate de soude (sel de Glauber) près de Cawnpoor, le carbonate de soude à Sultanpoor, Ghazepoor et Tirhoot.

De nombreuses carrières fournissent les marbres, les granites de toute couleur, les porphyres aux plus riches nuances. Ce n'est plus dans les célèbres mines de Golconde que le diamant est exploité ; on le trouve maintenant dans le lit du Krishna ainsi que dans la province de Gundivana, près du confluent de l'Hebe et du Mohannudy. Après la saison des pluies, les indigènes le recueillent dans la terre rouge que les eaux ont détachée des montagnes. Il existe cependant des mines de diamant dans le sud de l'Inde, à neuf milles environ au nord-est de Cuddapah, sur les deux rives du Pennar. Quoique presque complètement épuisées,

Digitized by Google

elles donnent encore quelquefois des diamants d'un fort volume que l'on trouve, soit dans la terre d'alluvion, soit dans les rochers de la dernière formation. On rencontre encore le diamant dans le Bundelcund, sur le plateau qui entoure Pannah, là où le sol est graveleux. Les autres variétés de pierres précieuses de l'Inde sont : le rubis, que l'on trouve sur les plateaux de Mysore ; le béryl, la topaze, le grenat, le jaspe, l'opale, l'onyx, etc. Les mines de cornaline de la province de Guzerat, au milieu des jungles les plus sauvages, sont fort riches. Les produits sont envoyés à Cambay, où ils se transforment, sous la main d'ouvriers habiles, en bijoux d'une extrême élégance.

(*A suivre.*)

CORRESPONDANCE

SUR L'ÉVOLUTION BIOLOGIQUE DES APHIDIENS

La question de l'évolution biologique des pucerons, qui continue à occuper les savants depuis les temps de Réaumur et de Bonnet, qui mirent hors de doute le fait de la reproduction de ces animaux sans le concours du mâle, a été reprise avec plus d'ardeur que jamais depuis l'apparition du Phylloxera.

Nos lecteurs connaissent certainement les diverses opinions qui se sont manifestées à cet égard et les discussions auxquelles ont pris part des savants de la valeur des Steenstrup, Carus, Van Beneden, Leuckart, Van Siebold, Huxley, Morren, Claparède, Mecznicoff, etc.

Dans une des dernières séances de l'Académie des Sciences (le 4 décembre 1882), un de nos compatriotes, M. J. Lichtenstein, a pu donner l'histoire complète de l'évolution biologique du puceron de l'Ormeau (*Tetraneura rubra*), qui émigre des feuilles de l'Ormeau aux racines du Chiendent.

M. Balbiani a cru devoir faire à ce sujet diverses observations dans lesquelles il a rudement pris à partie M. Lichtenstein, en combattant ses nouvelles théories.

M. Lichtenstein a répliqué à son tour, et comme la question nous paraît très intéressante au point de vue des métamorphoses de ces

Digitized by Google

Insectes, nous avons cru devoir mettre sous les yeux de nos lecteurs l'attaque et la riposte, avec notre impartialité habituelle, nous réservant de donner plus tard notre opinion sur ce sujet, qui se rattache étroitement aux études d'embryologie et de spermatogénèse dont s'occupent quelques Professeurs de notre École ou de nos Facultés.

Remarques à l'occasion des Communications de M. Lichtenstein sur les Pucerons; par M. Balbiani.

« Dans sa Note, insérée aux *Comptes rendus* du 4 décembre, comme dans plusieurs de ses Communications antérieures à l'Académie, M. Lichtenstein fait des allusions, tantôt directes, tantôt détournées, au désaccord existant entre lui et moi au sujet de ses théories sur les Pucerons. Je prie l'Académie de me permettre de replacer le différend dans son véritable jour.

» M. Lichtenstein a d'abord fait une théorie sur la biologie des Pucerons, consistant à admettre que ces Insectes accomplissent le cycle de leur existence sur deux plantes d'espèce quelquefois très différente, par exemple sur les feuilles de l'Ormeau et les racines du Chiendent. C'est chez le *Phylloxera vastatrix* qu'il crut avoir observé pour la première fois ces migrations alternatives d'un végétal à l'autre. Il supposa qu'après avoir vécu d'abord à l'état de pondeuses aptères sur les racines de la vigne, le Phylloxera émigrait, sous la forme ailée, sur les chênes kermès (*Quercus coccifera*) des garigues du Midi, et y déposait ses descendants sexués, dont la progéniture reviendrait à la vigne, pour recommencer indéfiniment le même cycle de migration.

» A l'époque où M. Lichtenstein publia ses observations (1874), j'étais à Montpellier et en mesure de les contrôler immédiatement. Une visite aux garigues des environs me mit presque aussitôt en présence des émigrants de M. Lichtenstein et suffit à me convaincre que cet observateur avait été la dupe d'une ressemblance de formes; qu'il avait confondu deux espèces absolument différentes de Phylloxera, et, comme celle du chêne kermès était nouvelle, j'eus le plaisir de la lui dédier, car c'était lui qui, en réalité, l'avait découverte (*voir* ma Note aux *Comptes rendus* du 14 septembre 1874).

» Cette observation eut un double résultat : le premier, immédiat, fut de montrer l'inutilité de la destruction par le feu des garigues de Montpellier, que M. Lichtenstein réclamait déjà dans les feuilles publiques comme moyen de préserver les vignobles du pays (*Messager du Midi* du

Digitized by Google

3 septembre 1874)[1]. Le second résultat fut de me rendre très sceptique à l'égard de toutes les histoires de semblables migrations des Pucerons que M. Lichtenstein a racontées depuis dans les *Comptes rendus* et presque tous les Recueils entomologiques de l'Europe; car s'il avait pu commettre une première erreur en mêlant l'histoire de deux Pucerons différents, rien ne me garantissait qu'il ne retomberait pas de nouveau dans une méprise semblable. D'autre part, l'observation, suivie pendant plusieurs années, que j'avais pu faire de deux des espèces les plus communes de ce groupe, le Phylloxera de la vigne et le Phylloxera du chêne des environs de Paris, m'avait toujours montré l'insecte passant son existence tout entière sur la même espèce de plante et souvent sur un même pied de cette plante[2].

» M. Lichtenstein cite, en confirmation de ses théories, les observations de Targioni-Tozzetti, Kessler, Horvath, Buckton, Riley et Monell[3]. Il faut rabattre au moins quelques noms de cette liste. Ainsi, Riley et Monell (1879) ne parlent, dans leurs observations sur les Pemphigiens des Ormes américains, que du passage de ces Pucerons des galles des feuilles aux écorces de ces mêmes arbres ; ils suspectent fort ce que dit M. Lichtenstein de leur migration sur les racines des Graminées. Kessler (1880) admet comme une simple hypothèse la migration de la première génération ailée des Aphidiens de l'Ormeau sur une plante inconnue. Seul, M. Targioni-Tozzeti (1876) dit avoir observé chez le *Phylloxera florentina* une migration dans le sens de M. Lichtenstein, l'insecte passant du *Quercus ilex* sur le *Q. sessiliflora*. M. Lichtenstein paraît aussi trop disposé à interpréter en faveur de son hypothèse ces faits, connus depuis longtemps, de migrations en masse de certains Pucerons, tels que ceux rapportés par Morren sur l'*Aphis percicæ*, par Hogg sur l'*A. rumicis*, par Doué sur des Pucerons verts qui, en 1847, se sont abattus sur Paris et les environs en si grande quantité que « toute la surface de la cour du collège Louis-le-Grand était transformée en un beau tapis vert. » (*Bull. de la Soc. entomol. de France*, 2e série, tom. V,

---

[1] Cette mesure n'eût pas sauvé la vigne : elle n'aurait eu d'autre résultat que de rendre encore plus triste l'aspect des campagnes méridionales après que le Phylloxera eut achevé son œuvre de dévastation.

[2] Plus tard, M. Lichtenstein a prétendu que l'espèce du *Chêne kermes* n'était autre que le *Phylloxera quercus* de Boyer de Fonscolombe, émigré du chêne blanc sur cet arbuste. J'ai montré que cette hypothèse était tout aussi insoutenable que la première. (*Comptes rendus*, 16 octobre 1876.)

[3] Et non Riley à Mounell, comme on lit par erreur dans les *Comptes rendus* du 4 décembre, où l'on a imprimé aussi *Quercus conifera* pour *coccifera*.

Digitized by Google

1847, pag. LXXV.) Quoi qu'il en soit des faits invoqués par M. Lichtenstein à l'appui de ses théories biologiques, tout ce que je maintiens contre lui, c'est qu'elles ne se vérifient pas pour les espèces tout au moins d'Aphidiens dont les mœurs nous sont le mieux connus, et que personne jusqu'ici, à ma connaissance, n'est venu les soutenir à l'égard de ces espèces.

» M. Lichtenstein est aussi l'auteur d'une autre théorie relative à la reproduction des Phylloxeras, théorie contre laquelle je me suis déjà élevé plusieurs fois devant l'Académie. Pour lui, les femelles aptères sont des *pseudogynes bourgeonnantes*, leurs œufs sont des *bourgeons*, l'ailé est une *pseudogyne pupifère* mettant au monde, non des œufs, mais des *pupes* toutes formées, etc. Par ces appellations, M. Lichtenstein ne se propose rien de moins que de substituer une théorie génésique toute nouvelle aux idées universellement reçues de la parthénogénèse des Phylloxeras[1]. Les zoologistes ont déjà apprécié comme il convient la valeur de cette tentative[2]. »

MIGRATION DES PUCERONS.

Réponse de M. Lichtenstein à M. Balbiani.

Dans une Note publiée dans les *Comptes rendus* de l'Académie, du deuxième semestre, n° 25, M. Balbiani essaye encore de protester contre ma théorie de la migration des pucerons d'une plante à une autre, et cela quand, depuis dix ans que j'ai publié le fait, il aurait eu dix fois l'occasion de le vérifier, tout comme l'a fait son éminent Collègue M. le professeur Targioni-Tozzetti (de Florence), qui a obtenu les mêmes résultats que moi.

M. Balbiani aurait vu alors que, comme l'avait dit du reste déjà Boyer de Fonscolombe en 1834, le *Phylloxera quercûs*, qui paraît être un insecte méridional, vit successivement sur le *Quercus coccifera* comme *Pseudogyne fondatrice et émigrante*, et sur le *Quercus pubescens* comme *Pseudogyne bourgeonnante* et *Pupifère*, cette dernière rapportant les *sexués* sur le *coccifera*.

C'est donc à tort que M. Balbiani crut devoir faire, en 1874, une

---

[1] Voir mon *Mémoire sur la reproduction du Phylloxera du chêne*, dans les *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, tom. XXII, n° 14, 1874.

[2] Bertkau ; *Bericht über die wissenschaftl. Leist im Gebiete der Arthropoden.* (*Archiv für Naturgeschichte*, XXXV Jahrg., 2 Bd. 1879.)

Digitized by Google

nouvelle espèce, qu'il nomma *Ph. Lichtensteinii*, avec l'insecte vivant sur le *Quercus coccifera*, puisque cet insecte n'était que la larve du *Phylloxera quercûs* de Boyer.

Je croyais que ces faits, qui sont ici du domaine public et que tous nos propriétaires et bon nombre de nos paysans ont pu vérifier cent fois : la migration du Phylloxera du *Chêne kermes* au *Chêne blanc*, fin mai, ne serait pas ignorée d'un savant qui a lui-même, sans s'en douter peut-être, fait l'histoire du Phylloxera du Nord, le *Phylloxera coccinea*, espèce qui *n'a pas de migration* et qui forme des replis galliformes sur les bords des feuilles. M. Balbiani cite cette espèce dans sa Note du 17 juillet 1876, mais en commettant une nouvelle erreur ; car lui, qui nie les migrations, fait émigrer celle-ci (*loc. cit.*, pag. 13, lignes 23/24), et justement c'est une de celles qui n'émigrent pas.

M. Balbiani cherche à rayer quelques noms de la liste des savants éminents qui veulent bien admettre mes théories et les discuter. Mon excellent ami Riley a observé une espèce sur l'Ormeau (*Schizoneura americana*) qui n'émigre pas ; j'ai cité de même, comme non émigrant, le *Pemphigus spirothecæ* ; — le *Phylloxera* de la vigne et le *Coccinea*, dont M. Balbiani a fait l'histoire, n'émigrent pas non plus ; mais les exceptions confirment la règle, et, en histoire naturelle surtout, il n'y a jamais de règle sans exception.

M. Monnel a constaté la migration d'un autre puceron de l'Ormeau (*Colopha ulmicola*). M. Kessler (de Cassel) a donné, non pas comme *hypothèse* mais comme *certitude*, le fait de l'émigration d'un troisième puceron de l'Ormeau (*Tetraneura ulmi*), et ce même savant m'écrit : « J'ai informé M. le professeur Balbiani que j'avais pu constater la »vérité de votre théorie de l'émigration sur le *Schyzoneura corni* et »sept espèces d'*Aphis*. »

Il me semble que M. Balbiani, en gardant cette lettre en poche et en écrivant les mots : « M. Kessler admet comme une simple hypo»thèse la migration », a un peu manqué d'impartialité ; et je ne sais pas comment il a pu terminer sa phrase en affirmant que pour les espèces d'Aphidiens les plus communes, mes théories d'émigration n'étaient pas confirmées, quand Kessler lui écrivait : « Les pucerons du cornouillier, du fusain, du prunier, du sureau, du laurier-thym, du pommier, du poirier, émigrent en mai-juin et reviennent sur les arbres d'où ils sont partis en août-septembre ».

Il est vrai que M. Kessler écrit en allemand ; mais je crois que M. Balbiani comprend parfaitement cette langue et n'aura pour excuse peut-être que d'avoir tardivement reçu la lettre de M. Kessler. En ce cas, je compte sur une prompte rectification.

Digitized by Google

M. Balbiani s'étonne encore de ce que j'invoque à l'appui de ma théorie des migrations les faits de migration en masse de certains pucerons cités par Morren, Hogg, Doué, et il aurait pu ajouter par Rondani, Von Gleichen, Gôtze, de Geer, Kaltenbach, Koch, Ratzburg, etc.; mais depuis quand est-il interdit à un observateur de rappeler les travaux de ses prédécesseurs et de démontrer que le fait scientifique qu'il cite est confirmé par des observations irrécusables émanant des plus illustres savants de notre siècle ou du siècle passé ?

Quant à mes théories sur l'évolution biologique des pucerons, sur leur reproduction quelquefois illimitée ou indéfinie, sur l'inutilité de l'œuf d'hiver, je les soutiens et je les défendrai, car je me propose de substituer une théorie toute nouvelle aux idées universellement reçues sur la parthénogénèse des pucerons en général et du Phylloxera en particulier. Il est évident que je ne suis pas de taille à répondre à M. Balbiani sur les questions d'embryogénie : je laisserai ce soin à M. Targioni-Tozzetti, qui s'en acquitte en maître, dans la Note lue le 28 mai 1882 à la Société entomologique italienne. Je ne sais pas assez l'italien pour oser en donner une traduction, qui du reste allongerait trop cette Note ; mais pour juger de l'utilité ou de l'inutilité de l'œuf d'hiver, il serait bon que tous les recueils qui ont reproduit la lettre de M. Balbiani au Ministre de l'Agriculture la fissent suivre de la réponse du savant italien.

M. Balbiani termine enfin son article par ces mots : « Les zoolo-»gistes ont déjà apprécié comme il convient la tentative de M. Lich-»tenstein », et là-dessus il me renvoie au compte rendu de M. Bertkau (de Bonn), de 1879. J'ai cherché vainement dans cet ouvrage, où je suis, il est vrai, discuté et critiqué souvent, mais avec la plus grande courtoisie, le passage auquel pouvait faire allusion M. Balbiani. Bertkau, avec lequel j'ai l'honneur d'être en correspondance, ne trouve pas ma comparaison de l'évolution du Phylloxera à celle d'un végétal, heureuse, et combat surtout le mot *pupe* et *pupifère* ; mais il n'a jamais attaqué la théorie des migrations. Voici du reste sa plus forte critique, qui n'est pas de 1879, mais bien de 1877-78, pag. 564.

« Ebenso macht er (Lichtenstein) die Sitzungsberichte ü Verhand-»lungen der verchiedensten Gesellschaften unsicher mit seinen »unausgetragenen Ansichten über geflügelte Larven, ungeflügelte »Weibchen, Pseudogynen, etc.»

Ce qui veut dire : « M. Lichtenstein inquiète les procès-verbaux et »transactions des Sociétés les plus diverses avec ses idées encore trop »peu mûries sur des larves ailées, des femelles aptères des Pseudogy-»nes, etc.»

Digitized by Google

Je ne trouve certes pas là une appréciation trop sévère de mes nouvelles doctrines ; Bertkau m'engage à mûrir mes idées, et je lui ai répondu : « Merci de votre bon conseil, je le suivrai, et j'espère vous » convertir vous-même un jour à mes théories ».

Mais, à la place de M. Balbiani, j'aurais laissé Bertkau tranquille, ainsi que ses comptes rendus, car il est rudement sévère parfois, et sa longue critique d'un travail qui a paru dans les *Annales des Sc. nat.*, tom. XV, n° 1, art. Ier et nos 2 et 3, art. 4, sous le titre d'*Histoire du développement de l'œuf et de l'embryon des Aphidiens ovipares*, dans lequel il montre l'auteur en complet désaccord avec Huxley, Mecznikoff, Claparède, Weismann, Butschli, etc., se termine par ces mots :

« Dem Referenten will es scheinen als ob sich Balbiani selbst uber » die Bedeutung der Cellule antipode und ihrer abkömmlinge die » Masse polaire, nicht recht klar geworden sei [1]. »

Dire à un auteur qu'il paraît qu'il ne se comprend pas lui-même, me paraît dépasser un peu les limites d'une critique courtoise, et M. Balbiani, en invoquant contre moi l'appréciation d'un savant qui l'a si malmené, fait preuve d'une grande abnégation. Les zoologistes, j'aime à l'espérer pour M. Balbiani, ne partagent pas tous l'opinion de Bertkau, et peut-être mon honorable et savant contradicteur a-t-il eu un grand tort de l'invoquer à mon égard.

En tout cas, il vaudrait mieux opposer à des faits que je cite d'autres faits qui les démentent, que de dire que mes idées sont approuvées ou combattues par telle ou telle personnalité savante. Des preuves négatives ne sont pas des preuves, et puisque notre différend avec mon honorable contradicteur a surgi du fait de la migration d'un puceron de l'Ormeau aux racines du Chiendent, ce que je prouve en apportant des racines puceronnées en été, des galles pleines d'émigrants au printemps, des pupifères, des sexués morts et des œufs vivants sous les écorces, en automne et en hiver, que M. Balbiani me cherche une galle habitée après le mois de juillet, des pupifères et leurs sexués sans rostre avant l'automne (pour cette espèce et à l'air libre bien entendu), alors je lui dirai : Je me suis trompé, c'est à recommencer ; mais quand sur les Ormeaux couverts de milliards de pucerons en mai-juin, il ne pourra plus en trouver un seul en juillet-août, il sera bien forcé de dire : Ces insectes ont émigré, mes observations confirment celles de.....

J. LICHTENSTEIN.

---

[1] Bertkau ; Bericht über die wissenschafll. Leistungen, etc. (*Archiv. für Naturgesch*, 1871-72, pag. 16, lignes 15 à 16.)

Digitized by Google

P.-S. — Dans le n° 3 de la *Revue Entomologique* (Caen, 1883), M. Horvath, de Buda-Pest, confirme, par de nouvelles observations, le fait de la migration des Pucerons et en cite de nouveaux exemples.

J. L.

UNE THÈSE DE DOCTORAT

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER.

M. Fr. Leenhardt, chargé d'un cours de sciences et de philosophie naturelles à la Faculté de Théologie protestante de Montauban, vient de présenter comme Thèse inaugurale, à la Faculté des Sciences de Montpellier, une *Étude géologique de la région du Mont Ventoux* (In-4°, 268 pag., 4 planches, 1 carte).

La Faculté ayant reconnu dans ce travail et dans les réponses aux questions proposées par elle et formant la seconde Thèse, toutes les garanties d'aptitude et de savoir qu'elle était en droit d'exiger d'un candidat à une chaire d'enseignement supérieur, a été unanime à décerner à son auteur le titre de docteur ès sciences ; elle a trouvé dans la Monographie soumise à son jugement les preuves d'un talent et d'une conscience d'observation qui permettent d'attendre du jeune chargé de cours des contributions précieuses à la science géologique. Elle aurait désiré peut-être une extension et une généralisation de ses principaux résultats qu'eût réalisées une comparaison plus étendue avec les régions voisines ou classiques ; elle n'en a pas moins rendu un hommage mérité à la netteté de son analyse stratigraphique dans une région où les difficultés matérielles s'ajoutent à celles qui résultent des accidents des fractures et des dislocations. La deuxième partie du travail, consacrée à l'étude des mouvements divers qui ont donné à la région du Ventoux son orographie spéciale, n'a pas donné des preuves moins satisfaisantes d'un labeur patient et d'une sagacité souvent heureuse dans la recherche et la découverte des éléments de cette dynamique ; peut-être l'importance des plissements a-t-elle trop primé, dans l'esprit de l'auteur, celle des failles profondes ; quoi qu'il en soit, l'œuvre nouvelle n'en constitue pas moins un précieux document où quelques-unes des questions les plus actuelles, afférentes à la géologie de nos régions du Sud-Est, trouvent des jours nouveaux et des éléments favorables pour leur solution.

M. Leenhardt reconnaît successivement, dans son champ d'étude, les

Digitized by Google

parties moyenne et supérieure du terrain jurassique, une formation lacustre tertiaire (Horizon de Suzette, Sextien), la molasse et les alluvions.

Les unités géognostiques ne sont donc pas nombreuses, mais elles sont susceptibles de présenter des subdivisions qui se dégagent de l'ensemble avec une remarquable netteté : Jurassique supérieur, Néocomien, Urgonien, Cénomanien, Horizon de Suzette, Terrain lacustre, Molasse inférieure, Molasse supérieure, Alluvions anciennes, Alluvions plus récentes; en outre, quelques-unes d'entre elles offrent à l'observateur des diversités locales remarquables, judicieusement saisies et lumineusement décrites sous le nom de *faciès*, qui complètent le tableau de l'économie géologique de la région.

L'Infracrétacé nous a particulièrement intéressé ; ses relations avec le Jurassique supérieur nous ont révélé des faits de continuité organique et sédimentaire d'une importance capitale.

L'auteur reconnaît successivement, dans le Jurassique, les couches à *Ammonites tortisulcatus*, la zone à *Am. polyplocus*, l'horizon des calcaires ruiniformes correspondant au niveau de la *Terebratula moravica* et du *Diceras lucii*, enfin une zone terminale de calcaires de plus en plus blancs vers le haut, plus ou moins bien stratifiés et quelquefois bréchoïdes, qui contiennent la *Terebratula janitor* Pictet, accompagnée des *Ammonites basilicæ* Favre, *ptychotcus* Quenstedt.

C'est dans cette même zone terminale que M. Torcapel, dans son récent travail sur la ligne du chemin de fer du Pouzin, cite aussi la *Terebratula janitor*, et avec elle les Ammonites *stascyzii*, *semisulcatus*, etc... La majorité des formes néocomiennes détermine cet auteur à placer la *Janitor* dans le Crétacé.

M. Leenhardt, dont le silence sur cette remarquable observation est regrettable, rappelle le fait, signalé par M. Jeanjean, du gisement à Saint-Hippolyte (Gard) de la même *Terebratule au-dessous* de la zone à *moravica*, et déduit de cette double situation du même fossile, supérieur tout ensemble et inférieur à la zone coralligène, la conclusion que le calcaire à *Janitor* et le calcaire à *Terebratula moravica* constituent un même horizon dans le Jurassique supérieur. Cette conclusion ne sera logique qu'à la condition que la *Terebratula janitor*, bien et dûment trouvée dans le Gard sous la *Moravica*, s'y accompagne, comme l'affirme M. Jeanjean, du cortège des formes de la faune à *Ammonites transitorius* de M. Hébert. Si la réalité de cette faune à ce niveau est définitivement établie, le tithonique au sens d'Oppel aura sa raison d'être; si la zone à *Moravica* ne recouvre que quelques *Janitor* diffuses et isolées des représentants de la faune à *Ammonites transitorius*, on n'aura affaire qu'à l'un des exemples si nombreux de fossiles précurseurs, ou plus simplement, suivant

Digitized by Google

l'expression de M. Lory, de fossiles mauvais témoins, dont la présence ne saurait recevoir une valeur chronologique ; la conclusion de l'auteur de la Thèse demeure donc subordonnée à cette démonstration. M. de Lapparent, dans son excellent *Traité de Géologie* (pag. 895), a adopté le fait paléontologique affirmé par M. Jeanjean ; nous ne partageons pas son avis sur le caractère kimméridgien de la faune à *Transitorius*, qu'avec M. Hébert nous considérons bien plutôt comme Néocomienne, au risque d'inaugurer dans nos régions une ère prématurée pour les débuts de l'organisme crétacé.

Le fait incontestable de fusion pétrographique entre le Jurassique et l'Infracrétacé, si bien mis en lumière par M. Leenhardt, ne se limite pas aux parties les plus inférieures de ce dernier; ses observations le poursuivent jusque dans l'Aptien. Résumons brièvement les différents termes établis par l'auteur dans le Crétacé inférieur. Le Néocomien forme une unité géognostique dans laquelle quelques niveaux fossilifères, suffisamment distincts, permettent d'établir quatre groupes : le calcaire de Berrias dans le bas, n° 1 ; les marnes ou calcaires à *Ammonites neocomiensis*, n° 2; le calcaire à *Crioceras Duvalii*, n° 3 ; enfin, au plus haut, le calcaire à *Ammonites difficilis*, n° 4.

L'Urgonien, de son côté, présente deux niveaux de calcaire à Orbitolines séparés par l'horizon du calcaire à Requienies, U^1, U^2, U^3.

Dans une région particulière où se trouve la localité de Vaison, M. Leenhardt constate l'existence d'un ensemble de couches à faune de Céphalopodes qu'il appelle du nom spécial de calcaire de Vaison, V.

Enfin le terrain aptien lui offre trois niveaux : à la base, des calcaires marneux à *Ammonites consobrinus* A^1; plus haut, l'horizon des marnes à *Ammonites Dufrenoyi*, le vrai Aptien de d'Orbigny A^2 ; enfin, à la partie supérieure, des marnes gréseuses à *Ammonites semicanaliculatus* A^3.

Une étude minutieuse des faunes et des caractères pétrographiques de chacun de ces onze termes, pour les détails de laquelle nous renvoyons le lecteur à la Thèse elle-même, conduit l'auteur à établir :

En premier lieu un *Pré-urgonien* dans N^3 (pag. 47, note, pag. 85).

En second lieu, le passage insensible de N^4 à U^1 (pag. 54, 55, 60, 61, 62).

En troisième lieu, la transition de V à U^1 (pag. 87).

Enfin, en quatrième lieu, le passage de V à A^1, (pag. 101-102).

De pareilles relations de pénétration et de fusion amènent M. Leenhardt à ne voir dans le terme de Vaison qu'un faciès particulier (faciès à céphalopodes) d'un groupe de couches maintenu à titre de formation distincte jusqu'à ses conclusions sous l'appellation ordinaire d'Urgonien,

Digitized by Google

mais qui n'aurait, par le fait, aucune existence individuelle, puisqu'il se fondrait, par ses analogies propres, dans le Néocomien d'une part, et, par l'intermédiaire du terme de Vaison, dans l'Aptien inférieur d'autre part. A ce fait d'union pétrographique intime avec le Néocomien dans le bas, et dans le haut avec l'Aptien, se joint, contre la réalité d'un étage urgonien, l'absence, dans cet étage prétendu, d'une faune suffisamment spéciale.

L'Urgonien de quelques géologues, plus énergiquement affirmé par eux dans son existence que par d'Orbigny lui-même, son promoteur, cessera donc d'avoir toute raison d'être, autrement qu'à titre de simple accident coralligène développé dans la mer néocomienne vers le moment où l organisme aptien allait prédominer. Avec M. Hébert, nous consacrerons donc à nouveau l'union du Néocomien et de l'Aptien ; avec lui, nous repousserons le terme d'Urgo-Aptien, sans oublier toutefois, comme paraît l'avoir fait l'auteur de la Thèse, que cette conclusion, qui est la sienne (pag. 113), n'est autre que celle que Coquand, de regrettable mémoire, a explicitement déduite de ses recherches et qu'il a formulée dans son langage si remarquablement incisif. (*Bullet. Soc. géol.*, 23, pag. 580.)

Nous sommes donc amené, avec M. Leenhardt, à entrevoir le moment où la ligne de démarcation tirée entre la formation jurassique et le Crétacé devra être effacée, tout au moins dans nos régions méridionales, ou ne demeurer plus que comme l'expression historique d'un hiatus imaginaire.

Nous trouvons encore dans le travail du jeune Docteur la mise en relief de deux grands faits géologiques qui tendent chaque jour à se généraliser : nous voulons dire la variabilité d'épaisseur dans une même formation à de très petites distances, et la multiplicité des faciès d'un même dépôt sur des surfaces aussi très circonscrites.

La diversité des conditions physiques où se sont formés les dépôts dans un lieu donné, ne se dérobe plus aux recherches stratigraphiques modernes ; nous démêlons aujourd'hui l'élément différentiel au milieu des ressemblances ; nous dégageons le particulier de l'ensemble ; les faunes générales se décomposent pour nous en zones et en stations ; de même nous retrouvons les contours les moins accusés des anciens rivages, les hauts-fonds et les bas-fonds des anciennes mers. La multiplicité des physionomies du Néocomien de la région du Ventoux, les variations locales qu'il présente dans ses épaisseurs, saisies par M. Leenhardt, le mettent sur la trace d'une différence remarquable de conditions dans la la nature des apports et la profondeur des eaux au sein d'une même mer, dans des lieux différents: *faciès* coralligène, *faciès* à orbitoli-

Digitized by Google

nes, *faciès* pélagique des dépôts les plus récents du Crétacé inférieur (pag. 61, 86), *faciès* siliceux (pag. 50), *faciès* ferrugineux (pag. 52), du calcaire à *Ammonites difficilis*, *faciès* mixte ou de passage entre les deux (pag. 55); épaisseur pour un même terrain de 1,500 mètres au Ventoux (pag. 59), de 50 à 60 mètres seulement sur un point rapproché, de 200 et 300 mètres dans un autre lieu (pag. 63), inégalités locales et se compensant de l'Urgonien et du Néocomien (pag. 175), sont autant d'éléments de variation qui permettent de contempler par la pensée le nombre et la diversité des conditions de toutes sortes accumulées à une même époque dans des localités très rapprochées.

Un intérêt d'un nouvel ordre s'introduit dans la considération des épaisseurs locales : c'est leur retentissement dans les conditions dynamiques elles-mêmes. M. Leenhardt montre très nettement cette influence sur la nature et l'intensité des plissements. « Les couches puissantes et résistantes de la partie S.-O., dit-il, ne se sont pas prêtées aussi facilement à des plissements multiples que les couches réduites et de nature moins résistante de la partie N. et E. Il en est résulté la dissymétrie des deux côtés du grand pli anticlinal de Bluye. Le côté sud est resté intact avec sa grande masse, tandis que le côté nord a été affecté par des plissements de second ordre compliqués, dont les inégalités mêmes pourraient encore, dans une large mesure, être attribuées à la même cause ».

Rien de plus naturel en effet que cette solidarité entre la forme et l'amplitude des plis et la nature et l'épaisseur de l'étoffe plissée.

La seconde partie de la Thèse de M. Leenhardt est consacrée, comme nous l'avons dit en commençant, à l'étude très attentive des divers mouvements dont la région du Ventoux a été le théâtre et dont son dernier relief est le résultat ; l'auteur se rattache, nous le répétons, à l'école suisse dans la question de la primauté des plis sur les failles. Nous sommes porté, pour notre part, à ne voir, avec M. Lory, dans les premiers que des arrière-conséquences des secondes ; quoi qu'il en soit, les éléments dynamiques d'une région aussi complexe demandaient à être soigneusement analysés et en même temps saisis dans leur succession.

Dans sa troisième partie (pag. 255, formation progressive du sol et de son relief), l'auteur nous fait assister aux différentes étapes que le relief a dû traverser pour se constituer dans l'état où nous le voyons aujourd'hui, et est conduit à confirmer le fait, chaque jour mieux reconnu, de l'ancienneté des premiers délinéaments de la constitution topographique d'une région à laquelle un dernier événement, le plus souvent très récent, est venu imprimer le dernier trait de sa physionomie ; sans s'expliquer d'une

Digitized by Google

manière nette sur la portée du rapprochement, il signale, à propos des orientations diverses qu'il a l'occasion de relever dans le mamelonné de son champ d'études, les principaux systèmes de montagnes d'Élie de Beaumont; nous aurions aimé à le voir mener à bout cette comparaison et y recueillir, à l'avantage ou au préjudice de la théorie en question, des éléments nouveaux d'appréciation.

Ces quelques lignes, à l'occasion de l'événement académique qui vient de s'accomplir dans notre Faculté, et qui intéresse la vie scientifique de la Province, permettent de reconnaître, en dépit des desiderata énoncés en toute liberté, la valeur du travail qui en a été l'occasion et l'objet. L'étude géologique de la région du mont Ventoux de M. Leenhardt, restera une excellente page de géologie locale.

Ajoutons que le mérite typographique de la Thèse, la netteté des coupes, la bonne exécution des profils dans l'intérieur du texte, n'ajoutent pas peu à l'agrément du livre et font honneur aux presses d'où il est sorti : c'est une nouvelle consécration, ajoutée à tant d'autres, de l'aptitude reconnue de la maison Boehm à suffire aux exigences si diverses, si spéciales et souvent si délicates, des travaux scientifiques ; la carte lithographique de la région du Ventoux a été exécutée dans les ateliers de M. Wührer, à Paris : c'est dire que M. Leenhardt a eu le bon goût de se montrer non moins jaloux de la forme que du fond, pour le meilleur succès de sa Thèse inaugurale.

P. DE ROUVILLE.

Digitized by Google

REVUE SCIENTIFIQUE.

Botanique.

Les Gaines protectrices et leurs renforcements (*Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen*) ; par M. S. Schwendener. (*Abhandl. d. K. Akad. d. Wissensch* zu Berlin, 1882, avec 5 pl.)

I. Détermination anatomique. — Les *gaines protectrices*, dans le sens que Caspary attache à ce mot, se rattachent à des tissus nettement caractérisés au point de vue anatomique. On peut les distinguer en *gaines générales* et *gaines partielles*, suivant qu'elles enveloppent l'ensemble des faisceaux ou un faisceau libéro-ligneux séparé (*Mestombündel*).

Ordinairement formées d'une seule assise cellulaire, les gaines peuvent aussi être constituées par deux assises, par suite d'une division tangentielle des cellules. L'allongement, dans le sens de l'axe, des éléments qui constituent la gaine, les cloisons transversales obliques qui les limitent aux deux extrémités, les pores ovales et obliques de leurs parois, forment une organisation typique qui offre néanmoins de nombreux termes de passage vers les cellules purement mécaniques. On ne saurait, d'autre part, établir une limite bien tranchée entre les gaines protectrices réelles et les enveloppes analogues que forment parfois des éléments libériens, chez certains rhizômes par exemple.

Les taches sombres que présentent les parois radiales des cellules des gaines protectrices servent parfaitement à les caractériser. Mais il faut se garder de les considérer comme un caractère anatomique propre à la cellule intacte; cette apparence est due purement à un plissement ondulé des parois, provenant lui-même d'une diminution dans la turgescence de ces cellules.

Comme les formations qu'elles protègent, les gaines protectrices constituent un système continu. Les tissus protecteurs et les tissus conducteurs ainsi associés concourent à un but commun et forment un tout bien défini.

II. Des rapports de perméabilité. — Les cellules des gaines protectrices sont ordinairement plus ou moins cuticularisées et possèdent, d'une façon générale, une perméabilité manifestement moindre que celle des tissus environnants. Dans bien des cas pourtant, leurs parois se comportent à l'égard des réactifs comme de la cellulose pure, sauf aux endroits correspondant aux taches sombres ; l'ensemble de ces points forme alors

Digitized by Google

une sorte de réseau cylindrique à larges mailles, à travers lesquelles les sucs trouvent un passage facile (tiges aériennes des *Equisetum*, des *Piper spurium*, etc..., racines jeunes des *Coffea*, *Helleborus*, etc.) La même remarque s'applique encore aux cas où les cellules de la gaine sont cutinisées sur tout leur pourtour, sauf en face des faisceaux de liber mou (*Leptom*[1]), comme dans l'*Aristolochia clematitis*, le *Clematis erecta*, etc.

D'ailleurs, de ce fait que l'action de l'acide sulfurique concentré laisse dans chaque cellule une membrane de cutine, il ne faudrait pas conclure à une imperméabilité complète. Dans certaines racines, on trouve parfois cutinisées, non seulement les cellules de la gaine, mais encore celles du péricambium et de l'écorce, alors que l'examen des organes frais et l'accroissement des parois des cellules ainsi cutinisées indiquent une perméabilité manifeste. On doit se borner à dire que cette faculté existe tout au moins dans les cellules des gaines à un degré moindre que dans les tissus voisins. Cette propriété permet aux gaines de pouvoir remplacer les enveloppes externes jusqu'à ce qu'il se développe en dedans d'elles une enveloppe subéreuse protectrice. Dans ce cas, leurs cellules se divisent pour suivre l'accroissement en épaisseur de l'organe. Il résulte d'expériences de Schwendener sur les *Carex hirta*, *Convallaria maialis*, *Triticum repens*, que les éléments de la gaine, chez ces végétaux, acquièrent avec l'âge une imperméabilité complète. L'auteur, dans ses observations, s'est servi d'une solution iodée ; une solution de tannin injectée dans le cylindre central d'un fragment de racine d'*Iris germanica*, préalablement imprégnée d'un sel de fer, a fourni des résultats analogues.

En ce qui concerne la perméabilité de la gaine, il faut tenir compte

---

[1] L'auteur se sert ici des expressions dont s'est servi G. Haberlandt pour désigner les deux parties d'un faisceau. Dans bien des cas, *Leptom* est sans doute synonyme de *tissu cribreux* ou de liber mou, et *Hadrom* de partie vasculaire ou *xylème*; cependant, chez certaines Dicotylédones, au tissu cribreux appartiennent encore des éléments contenant des cristaux, de l'amidon ou de la chlorophylle, tandis que le mot de *Leptom* ne désigne que les tubes cribreux et leurs cellules-compagnes (*Geleitzellen*) incolores. De même aussi l'expression de *xylème* ne répond à rien de bien déterminé au point de vue histologique, étant employée à désigner, tantôt les vaisseaux seulement (beaucoup de Cryptogames), tantôt les vaisseaux et le parenchyme ligneux (Monocotylédones), tantôt enfin les vaisseaux, le parenchyme ligneux et des éléments mécaniques (Dicotylédones). Pour éviter cette confusion, il serait à désirer qu'on précisât mieux le sens attaché à ces mots et qu'on apportât dans la terminalogie des modifications correspondantes. — (Note de Schwendener.)

Digitized by Google

de la présence des pores à travers lesquels s'effectue l'endosmose, et qui persistent alors que les parois ont commencé à s'épaissir, comme on l'observe chez les Graminées, Cypéracées, Juncacées, Potamées, etc. Mais plus tard, à la chute de l'écorce, la fonction de ces pores cesse et la gaine devient imperméable. Dans les végétaux où le passage des sucs s'arrête avant que la paroi interne des cellules de la gaine ne commence à s'épaissir, cette dernière ne montre dans la suite aucune trace de pores (racine des *Dracæna* et *Cordyline*, d'*Iris* et de *Dasylirion*, etc. Ces données diverses sont aussi parfaitement applicables aux gaines partielles des Cypéracées, Juncacées, et souvent aussi des Graminées.

III. Des places perméables (*Durchgangstellen*). — Tandis que dans les racines et les rhizômes des Graminées, Cypéracées, Juncacées, d'une partie des Palmiers, de beaucoup d'autres Monocotylédones et de beaucoup de Dicotylédones, les gaines protectrices sont formées d'éléments anatomiquement semblables, on trouve chez d'autres Monocotylédones, et spécialement chez les Orchidées et beaucoup de Liliacées, chez une grande partie des Dicotylédones et chez les Fougères, des gaines formées de deux sortes de cellules, certaines d'entre elles étant à parois minces et perméables. Les cellules de cette dernière catégorie sont tantôt isolées, tantôt associées de diverses manières ; elles ne sont parfois cutinisées que sur leurs parois radiales et aux points correspondant aux taches sombres, signalées par Caspary ; d'autres fois elles abandonnent, par l'action de l'acide sulfurique, une enveloppe de cutine complète, mais d'une minceur telle qu'elle ne peut être un obstacle aux phénomènes osmotiques.

Les régions de la gaine ainsi constituées ont été désignées par l'auteur du nom de *Durchgangstellen* (lieux de passage). La perméabilité des parois tangentielles dans ces régions apparaît très manifestement par l'emploi des réactifs, pourvu qu'on agisse sur des racines adultes déjà, mais cependant pourvues encore de leur écorce fraîche et vivante (*Iris germanica*, *Certamium fallax*), car plus tard, à la chute de l'écorce, la gaine devient totalement imperméable.

Il est intéressant de remarquer que ces places perméables ont une situation constante en face des faisceaux vasculaires primaires, et un certain nombre d'auteurs, pour lesquels les vaisseaux et les trachées ont un rôle physiologique important, pensent que ces lieux perméables sont destinés à faciliter le passage des sucs vers l'écorce fraîche et vivante. — Pour ce qui est de l'opinion de M. Ollivier, pour lequel la situation de ces places serait en relation avec la production des radicelles latérales, Schwendener la déclare dépourvue de fondements solides. Cette idée est

Digitized by Google

tout d'abord entièrement inadmissible dans les cas où ces régions n'offrent la largeur que d'une seule cellule; et lorsque, comme on l'observe dans les racines aériennes de diverses Orchidées, elles offrent une longueur et une largeur de plusieurs cellules, il existe une seconde gaine extérieure à parois épaisses qui rendrait surperflues les places à parois minces de la première gaine. L'inutilité de ces dernières pour la production des radicelles est confirmée, du reste, par diverses observations faites sur les *Oncidium* et *Lælia*, d'où il résulte que les cellules de la gaine sont résorbées lors de la sortie des radicelles. Enfin, dans tous les cas, la production de ces dernières a lieu à une distance du sommet où il n'existe encore dans la gaine aucune différenciation entre des cellules à parois minces et des cellules à parois épaissies.

Pour ce qui est de la signification physiologique des vaisseaux, Schwendener croit pouvoir conclure de ses propres expériences et de celles de M. H. Volkens, que ces éléments anatomiques fonctionnent surtout comme des réservoirs destinés à fournir ou à enlever de l'eau aux tissus voisins, suivant les besoins. Cette opinion lui paraît d'autant plus plausible que la structure des vaisseaux elle-même est conforme à cette interprétation ; incapables d'entrer eux-mêmes en turgescence, les vaisseaux sont pourvus d'épaississements divers, spiricules, anneaux, etc., qui leur permettent de supporter la pression des tissus environnants. Quant aux pores de leurs parois, ils seraient destinés à augmenter leur perméabilité sans nuire à leur solidité. Les trachées d'un faible calibre serviraient à entretenir les sucs des tissus immédiatement voisins, tandis que les gros vaisseaux porteraient les liquides à de plus grandes distances.

D'après cette théorie, il est aisé de prévoir que cette organisation de la gaine se trouvera répétée dans les organes où l'on rencontre, indépendamment du réservoir normal représenté par les vaisseaux du bois, une seconde source de sucs extérieure à la première (voile des racines aériennes des Orchidées et des Aroïdées). Il existe alors en effet une seconde gaine qui présente des points perméables, comme la gaine interne, et ce sont eux que pendant longtemps, d'après les données de Schleiden, on avait considérés comme des stomates.

M. Schwendener signale encore les faits suivants :

1. Les cellules de la gaine externe, dans les racines aériennes qui viennent d'être mentionnées, se comportent vis-à-vis des cellules internes du voile de la même manière que la gaine interne vis-à-vis des cellules du *pericambium*, qui sont munies de pores sur leurs parois externes, tandis que les parois adjacentes des cellules de la gaine n'en offrent pas.

2. Les cellules de la gaine externe offrent souvent des parois épais-

Digitized by Google

sies de la même manière que celles de la gaine interne, bien qu'à un moindre degré.

3. Dans la gaine externe, on peut encore retrouver cette tendance des parois radiales des cellules à former des plissements ondulés quand les tissus voisins se contractent suivant leur longueur.

4. Il y a lieu de remarquer encore que, de même que celles de la gaine interne, les cellules de la gaine externe (*endoderme* d'Oudemans) perdent tôt ou tard leur perméabilité, soit par suite d'une subérisation locale des cellules corticales voisines, soit par suite d'une autre métamorphose.

A l'appui de l'analogie qu'il a établie plus haut entre le cylindre vasculaire central et le voile au point de vue physiologique, Schwendener fait ressortir la ressemblance de structure qui existe entre les trachées et les éléments de ce voile.

Les particularités énoncées plus haut au sujet de la situation des places perméables des gaines générales relativement aux faisceaux, s'appliquent aussi aux gaines particulières. Tel est le cas des Orchidées, Liliacées, Broméliacées, Fougères. Très caractéristique parfois au point de vue anatomique, comme elle l'est chez le *Cypripedium venustum* par exemple, la gaine tend à se rapprocher, chez beaucoup d'autres Orchidées, de ces enveloppes constituées de cellules simplement mécaniques, comme on en trouve autour des faisceaux isolés de certains rhizômes (*Carex arenaria*, *Triticum repens*, *Luzula sylvatica*, etc.). Chez les Broméliacées, l'auteur n'a que rarement rencontré de gaines dont les éléments fussent bien distincts des cellules libériennes voisines.

Comme dans les gaines générales, les places perméables des gaines particulières alternent avec le bois et le liber. Quant à leur disposition symétrique à droite et à gauche de chaque faisceau, alors qu'une seule à la partie interne de ce dernier, en face des vaisseaux spiralés et annelés, eût suffi pour que la symétrie fût conservée, l'auteur est disposé à croire qu'elle résulte de ce que le liber a attiré vers lui, en quelque sorte, ces voies d'endosmose pour s'approprier plus aisément les substances plastiques (albumine, hydrates de carbone, etc.). Dans la racine, cette considération ne saurait entrer en ligne de compte, chaque faisceau vasculaire étant placé entre deux faisceaux libériens. — Lorsque le liber est enveloppé par les vaisseaux et les cellules qui les accompagnent, ainsi qu'on l'observe dans la plupart des organes souterrains des Monocotylédones, la gaine, lorsqu'elle existe, n'offre naturellement aucune place caractérisée par une plus grande perméabilité.

Chez les Fougères, la situation des places perméables suit la règle générale.

Digitized by Google

Les gaines générales des rhizômes possèdent des cellules dont l'épaississement des parois et la forme concordent parfaitement avec ce que l'on observe dans les gaines générales des racines et les gaines spéciales des faisceaux foliaires. Mais l'auteur n'a jamais pu y apercevoir de places perméables, et il admet qu'elles y font absolument défaut. Il est probable que, dans ce cas, toutes les fois qu'elles ne possèdent aucune gaine imperméable pendant leur trajet à travers l'écorce, les traces des faisceaux fonctionnent comme des canaux d'irrigation. L'auteur ne peut décider si, suivant les circonstances, le cylindre central des racines latérales peut remplir un rôle semblable. Il faut tenir compte encore des interruptions qui, dans certains endroits des entre-nœuds, mettent l'écorce en relation avec le parenchyme médullaire. Chez beaucoup d'autres plantes, cette relation s'établit encore à l'entrée des traces foliaires dans le système vasculaire périphérique, mais alors par l'intermédiaire des rayons médullaires qui les accompagnent dans leur trajet de l'écorce vers l'intérieur.

IV. Renforcement mécanique de la gaine. — L'épaississement des parois cellulaires de la gaine, de même que les cellules épaissies qui avoisinent cette dernière, constituent un appareil de soutien. Vu la grande variété que présentent les divers modes de renforcement mécanique de la gaine, étudiés déjà par Russow, il est utile de les grouper et de les classer. Schwendener distingue les types suivants :

a. *Épaississement des parois cellulaires de la gaine* — Ces épaississements se montrent très fréquemment chez les Monocotylédones, très rarement chez les Dicotylédones, jamais chez les Gymnospermes et les Archégoniées.

Schwendener distingue, d'après cet épaississement des cellules, trois dispositions différentes : 1° épaississement régulier des cellules sur tout leur pourtour ; 2° épaississement plus considérable sur les parois latérales et internes ; 3° gaines à parois cellulaires minces.

L'épaississement des parois cellulaires de la gaine ne paraît soumis à aucune règle fixe. Cependant, lorsqu'il existe deux gaines concentriques, comme dans les racines aériennes des Orchidées, etc., on observe une certaine symétrie, en ce sens que si les cellules de la gaine interne sont épaissies en dedans, celles de la gaine externe le sont en dehors, et *vice versa*. La même symétrie s'observe encore entre les épaississements des cellules corticales externes de certaines racines, celles des Salsepareilles par exemple, et les épaississements de la gaine.

Le différence de tension existant entre le parenchyme de l'écorce gorgé de suc et les tissus voisins serait une des principales causes des

Digitized by Google

modes d'épaississement des cellules, modes qui d'ailleurs ne seraient que de simples variétés de structure d'une valeur à peu près égale au point de vue mécanique.

Lorsque la gaine est formée de plusieurs assises cellulaires semblables, sa solidité est naturellement d'autant plus considérable.

b. *Épaississement des parois des cellules corticales voisines.* — Cette disposition paraît être typique pour les Fougères ; les cellules de la gaine conservent ici la minceur de leurs parois, tandis qu'il existe une enveloppe de cellules corticales fortement épaissies et généralement colorées en brun foncé. De même que la gaine des racines de Fougères, cette enveloppe protectrice se trouve interrompue au niveau des faisceaux primaires. L'épaississement des cellules est d'ailleurs tantôt excentrique, tantôt égal sur tout leur pourtour. Ainsi que l'avait remarqué déjà M. Van Tieghem, l'épaississement commence dans l'assise immédiatement voisine de la gaine, pour se continuer ensuite en dehors ; il peut être assez considérable pour oblitérer complètement la cavité des cellules.

Une sorte de transition vers le type suivant a été observée par l'auteur chez quelques Cypéracées (*Scirpus natalensis, Carex arenaria, Cyperus vegetus*), dans lesquelles les cellules de la gaine, minces d'abord, finissent par s'épaissir elles-mêmes.

c. *Épaississement simultané des cellules de la gaine et des cellules corticales voisines.*— Ce cas, que l'on peut considérer comme une combinaison des deux types précédents, se trouve réalisé dans les racines des *Carex curvula* et *rupestris*, du *Juncus glaucus*, des *Poa compressa* et *pratensis*, etc., dans le rhizôme des *Convallaria* et *Luzula*. Les cellules de la gaine se différencient de très bonne heure par l'apposition des places sombres dont il a été question déjà.

d. *Épaississement simultané des cellules de la gaïne et des cellules intérieures adjacentes.* — Ce cas est plus rare et n'a été observé par l'auteur que chez le *Restio sulcatus*.

e. *Renfoncement de la gaine par le revêtement libérien situé au-dessus des faisceaux de liber mou* (*Leptombündel*).— Cette disposition caractérise des cas isolés ; elle est très nettement exprimée chez les Laurinées. Ces épaississements localisés se montrent encore, bien qu'avec quelques différences, chez l'*Anthurium*, où le liber primaire est entièrement enveloppé par des cellules appartenant en partie à la gaine, en partie à l'écorce et au cylindre central.

A ce type peut être rattaché encore le revêtement libérien de la tige du *Piper spurium* et du *Cubeba officinalis*, ainsi que du *Potamogeton*

Digitized by Google

lucens, revêtement composé de vraies cellules libériennes, situées en dedans de la gaine.

f. *Renforcement de la gaine par des bandes d'épaississement dans le parenchyme cortical voisin.*—A ce type se rattache le réseau fibreux des *Viburnum*, de quelques Pomacées, Spiréacées et Amygdalées, et que l'on retrouve aussi chez les Taxinées et les Cupresssinées. On trouve chez le *Sequoia sempervirens* plusieurs réseaux semblables concentriques. Les parois des cellules de la gaine demeurent généralement minces. Le *Sciadopitys verticillata* rentre dans ce même type. Quant aux épaississements plus étroits que l'on observe, soit dans une partie, soit dans l'ensemble des cellules corticales des *Podocarpus*, *Sequoia gigantea*, *Retinospora*, *Cryptomeria*, etc., on ne doit point les considérer comme constituant une gaine, mais on doit les rapprocher plutôt des réseaux filamenteux que présentent les cellules du *voile* dans les racines aériennes des Orchidées exotiques. De même encore les épaississements en réseau de l'assise sous-épidermique de la racine du *Mahonia aquifolium* doivent être considérés, non pas comme formant une gaine, mais comme servant à renforcer l'épiderme.

g. *Renforcement par un anneau de parenchyme à consistance cornée, séparé de la gaine par deux à quatre assises de cellules corticales à parois minces.*— Des dispositions de ce genre nous sont offertes par les Aroïdées (*Scindapsus pinnatifolius*, etc.) et par des Broméliacées des genres *Tillandsia*, *Bromelia*, *Bonapartea*, etc. La tige couchée du *Polybotria meyeriana* présente une sorte de forme intermédiaire, la gaine externe étant, en certains endroits seulement, appliquée contre la gaine interne. Si l'on attribue aux Lycopodiacées une véritable gaine, on doit les rattacher au même type.

V. De la subérisation des membranes cellulaires de la gaine au point de vue mécanique. — Il ressort de ce qui a été dit plus haut que le rôle des gaines protectrices n'est pas de s'opposer plus ou moins au passage des sucs, mais de remplir des fonctions purement mécaniques. Or tout rôle mécanique suppose l'existence de propriétés physiques correspondantes.

Pour ce qui a rapport à l'élasticité des cuticules et des membranes subérisées, il faut remarquer que les faits sur lesquels on s'appuie ont trait à des tissus altérés par l'action des réactifs ; d'autres fois encore on a pris pour de l'élasticité un phénomène de croissance purement passive. Les expériences faites sur diverses cuticules ont toujours démontré une extensibilité très faible ; il en est de même des tissus subérisés. Dans

Digitized by Google

tous les cas où le résultat obtenu paraît être contradictoire, il faut tenir compte de la disposition des séries de cellules péridermiques, ou bien encore de leur composition chimique plus ou moins exactement connue. Il reste dans tous les cas établi que la *subérine* est moins extensible que la cellulose pure. Quand les cellules des gaines protectrices sont réellement subérisées, on est en droit de leur attribuer les mêmes propriétés physique qu'à la cuticule et aux lames péridermiques.

Bien que des expériences faites sur des gaines protectrices et sur des cuticules non isolables soient très difficiles, Schwendener se croit néanmoins autorisé à penser que les membranes subérisées possèdent une très grande résistance dans le sens transversal. Il termine ces considérations en concluant que « *la subérisation ne diminue pas seulement la perméabilité, mais encore l'extensibilité, tandis qu'elle augmente la solidité absolue.* »

Ainsi s'expliquent naturellement les plissements ondulés qui se montrent sur les parois des cellules des gaines protectrices lorsque leur turgescence devient moindre ou lorsqu'il se produit une diminution dans la traction exercée par les tissus voisins, plissements qui sont exagérés encore par l'emploi des réactifs. Des diverses expériences exécutées par lui, Schwendener conclut que « les lamelles cutinisées des membranes cellulaires ne se plissent que par suite d'une diminution de longueur survenant dans les cellules, et la cause de ce plissement réside toujours dans ce fait que ces lamelles sont moins extensibles, et par celà même moins capables de se contracter que la cellulose ordinaire. »

VI. Valeur mécanique de la gaine. — *a*. Tout observateur attentif peut se convaincre que les tissus conducteurs sont fréquemment protégés par des dispositions mécaniques qui jouent un rôle purement local et n'entrent pour rien dans la solidité de l'organe considéré dans son entier. Mais on ne peut se faire une idée bien nette de la direction et encore moins de l'intensité des pressions contre lesquelles doit s'exercer ce rôle protecteur. On peut admettre seulement que la manière dont se fait sentir ce besoin de protection peut être déduite des rapports morphologiques de ce revêtement protecteur, car toute construction établie dans un but rationnel doit être, en quelque sorte, une image des forces auxquelles elle est destinée à résister.

b. On remarque dans certaines racines, surtout après un séjour plus ou moins prolongé dans l'eau, que l'écorce isolée du cylindre central se raccourcit sensiblement, tandis que les faisceaux isolés s'allongent, ce qui indique une pression longitudinale chez ces derniers et une traction transversale dans l'écorce. Les faisceaux ont à subir en outre une traction

Digitized by Google

transversale, diminuée cependant par ce fait que l'écorce se sépare souvent partiellement du bois. Par son peu d'extensibilité, le réseau subérisé s'oppose, bien que faiblement, à la tension longitudinale. Il ne faut pas oublier, du reste, que la résistance dans le sens transversal peut compenser, en partie au moins, le manque de résistance dans le sens de la longueur. Au reste, jamais dans les organes intacts on ne remarque de plis ondulés, ce qui indique un état de tension constante.

Il existe toujours une corrélation entre l'existence de ces appareils protecteurs et celle des tensions dans les tissus de la plante, en ce qui concerne le moment et le lieu de leur apparition.

D'après la forme même des cellules et de leurs épaississements, on peut s'apercevoir qu'une portion quelconque de la gaine doit offrir plus de résistance dans le sens longitudinal que dans le sens transversal, et c'est aussi dans cette dernière direction que les changements de volume des cellules corticales seraient surtout dangereux pour l'organe. En général, la présence de parties molles et perméables dans la paroi cellulaire ne diminue que peu la résistance à la traction, les parties solides étant réunies en réseau par de nombreuses anastomoses. Mais lorsque les cellules épaissies de la gaine le sont sur tout leur pourtour, la solidité de l'appareil est sacrifiée à ce besoin de libre endosmose qui se fait sentir dans les tissus, et on voit apparaître les places perméables (*Durchgangstellen*).

Bien que les renforcements divers de la gaine soient en général destinés à résister aux tractions, soit longitudinales, soit transversales, il est pourtant des dispositions qui sont manifestement destinées à résister à la flexion. Tels sont par exemple les cas où, comme on l'observe chez le *Juncus Jacquini* et l'*Iris Sibirica*, l'épaississement en forme d'U des parois radiales des cellules de la gaine est beaucoup plus considérable que ne l'exige le besoin de résistance à la traction. Cette tendance est bien plus manifeste encore lorsque les cellules de la gaine ont un diamètre plus considérable au niveau de chaque faisceau de liber mou (*Leptom*). C'est ce que l'on observe chez beaucoup de racines aériennes d'Orchidées, chez les *Renanthera* et *Vanda* en particulier.

Ces dispositionse se retrouvent encore dans les gaines extérieures ; la forme semi-lunaire du revêtement externe chez les Fougères et le *Frenella rhomboïdea* est destinée, en partie au moins, à satisfaire à ce besoin.

Dans les racines âgées de Fougères, spécialement chez celles qui possèdent des gaines extérieures, de même que chez le *Restio sulcatus*, les *Dasylirion*, *Philodendron*, *Monstera*, etc., certaines Broméliacées et diverses Graminées, ces gaines extérieures prennent la forme de tubes

Digitized by Google

clos, vraisemblablement pour être mieux en état de résister à des pressions radiales. Elle consistent presque constamment en éléments parenchymateux et concordent ainsi avec les péricarpes de certains fruits et les enveloppes de certaines gaines, qui jouent le rôle d'organes protecteurs grâce à leur faculté de résistance.

VII. Influence du climat et de la station.— La relation qui existe entre la structure des gaines protectrices et de leurs renforcements d'une part, et la mesure dans laquelle se fait sentir ce besoin de protection de l'autre, nous conduit à nous demander si ce besoin ne serait pas en relation avec les conditions de climat et de milieu. Les données fournies par l'anatomie comparée nous autorisent à répondre par une affirmative ; mais en cela, comme toutes les fois qu'il s'agit de résoudre de semblables questions, nous devons nous en tenir aux points extrêmes, sans chercher à expliquer toutes les particularités de structure et toutes les formes de transition que nous pourrons rencontrer.

Si nous comparons tout d'abord certaines Fougères et certaines Monocotylédones de notre flore dont la station nous est bien connue, nous ne pourrons nous empêcher de remarquer que celles qui croissent dans les murs et dans les fentes des rochers où elles sont exposées à de longues périodes de sécheresse, sont communément pourvues de gaines internes et externes très développées, tandis que les Fougères des lieux humides ne possèdent qu'une gaine à parois minces et un renforcement à peine appréciable. On peut citer parmi les plantes du premier groupe l'*Asplenium Ruta muraria* et les *Asplenium adulterinum*, *Halleri*, *fissum*, *palmatum*, etc., le *Cheilanthes odora*, le *Ceterach officinarum*, etc., l'*Allium fallax*, les *Iris florentina* et *germanica*, l'*Agrostis vulgaris*, etc. Parmi celles du second groupe, le *Struthiopteris germanica*, l'*Asplenium filix femina*, l'*Osmunda regalis*, etc., le *Marsilia quadrifolia*, les Alismacées, Butomées, etc.

Ce contraste dans la structure est bien plus accentué encore chez certains végétaux exotiques naturels à des contrées où la sécheresse est bien plus grande et la chaleur plus intense. C'est ainsi que parmi les Aroïdées les espèces grimpantes ou épiphytes (*Monstera*, *Tornelia*, *Scindapsus*, *Raphidophora*), possèdent pour la plupart un puissant manteau de parenchyme corné, tandis que les *Acorus*, *Caladium*, *Diffenbachia*, etc., propres aux lieux aquatiques, ne développent aucun épaississement de ce genre. Les exceptions signalées par divers auteurs et observées par Schwendener lui-même, doivent être probablement attribuées à des dessèchements périodiques de l'argile ou des sables dans lesquels vivent ces plantes. Dans tous les cas, on ne saurait porter un jugement

Digitized by Google

décisif sans une connaissance parfaite des conditions biologiques. D'une manière générale, on doit s'attendre à voir l'influence en question se manifester avec la plus grande netteté possible lorsque, les autres conditions extérieures restant les mêmes, il y aura la plus grande diversité dans les conditions d'humidité et dans l'état physique du sol qui en est la conséquence.

Il est cependant aux règles précédemment énoncées des exceptions remarquables. C'est ainsi que les *Colocasia antiquorum*, *Alocasia metallica*, *Xanthosoma violaceum*, *Spathiphyllum lancæfolium*, etc., montrent une gaîne externe très développée, tandis que leur écorce interne se change tout entière en une enveloppe cornée très résistante, disposition qui, contrairement à ce qu'on pourrait attendre d'après le milieu, rappelle les plantes des lieux arides. Nous trouvons même dans notre Flore des plantes qui, contrairement à ce que sembleraient devoir nous faire prévoir leurs stations bien connues, peuvent rivaliser quant à leur structure avec les végétaux les mieux organisés contre la sécheresse (*Blechnum spieans*, *Poa pratensis*). On trouve enfin de très fortes gaines chez un bon nombre de plantes de nos fossés, de nos rivages, de nos marais et des prairies humides (*Carex*, *Juncus*, *Cyperus*, *Schœnus*, *Alopecurus fulvus*, *Gladiolus communis*, etc.). On peut donc affirmer que, tandis que toutes les plantes des lieux secs et arides sont en harmonie parfaite les unes avec les autres en ce qui concerne leur structure, les végétaux des lieux humides se laissent diviser en deux groupes, les uns possédant une gaine puissante, les autres en étant privés. De plus, la comparaison des plantes annuelles et des plantes vivaces nous apprend que l'existence de la gaine n'est pas nécessairement liée avec la faculté que possèdent ces dernières de supporter l'hiver, car les Graminées, les Joncées et les Cypéracées annuelles ne se distinguent point en cela de leurs congénères vivaces.

Or, si nous comparons entre elles les diverses stations désignées dans les Flores sous les noms de *prairies marécageuses*, *tourbières*, etc., nous pourrons les grouper en deux catégories : 1° les lieux qui offrent aux organes souterrains un milieu toujours constant et surtout toujours saturé d'eau ; 2° ceux qui sont tantôt submergés et tantôt soumis à des dessèchements temporaires. Ces changements entraînent nécessairement un retrait périodique du sol, et par suite une compression des organes souterrains qui y végètent, organes dont la turgescence varie nécessairement avec ces conditions. Si l'on étudie les plantes qui végètent dans les lieux humides de ces deux catégories, on peut se convaincre qu'un état de mollesse et d'humidité constantes du sol détermine la production de gaines à parois cellulaires minces, tandis qu'un dessèchement

Digitized by Google

périodique non seulement amène un renforcement de cette même gaine, mais encore procure au cylindre central une solidité remarquable. Telle est la loi qui se déduit très naturellement des observations directes, pourvu que l'on n'ait en vue que les termes extrêmes, et non ces nombreuses formes de passage sur lesquelles nos connaissances sont encore incomplètes.

Les racines des végétaux aquatiques, munies d'une puissante gaine, sont généralement pourvues en outre d'un manteau de cellules à parois solides et épaisses qui protège et maintient béantes, pendant la sécheresse, les nombreuses lacunes de l'écorce. Mais comme il existe en outre une gaine interne pour protéger le cylindre central, il est naturel de supposer que cette dernière n'a de fonctions à remplir que relativement aux forces qui ont leur siège dans le végétal lui-même, c'est-à-dire qui ont pour origine un changement quelconque dans la turgescence des tissus. C'est seulement quand l'écorce primaire consiste en minces cellules et tombe de bonne heure, comme chez le *Restio sulcatus*, que la gaine prend le rôle d'un second tégument. Si le milieu dans lequel se développent les racines est constamment mou et humide, la présence d'un manteau cortical et d'une gaine externe devient inutile.

On doit encore attribuer aux puissantes gaines externes des *Dasylirion*, Graminées, Fougères, etc., un rôle protecteur à l'égard du cylindre central contre la perte d'eau et les brusques variations de température. Elles seraient, à ce point de vue, comparables au testa de certaines graines et aux péricarpes résistants de certains fruits. La subérisation plus ou moins complète de leurs cellules et le contenu résineux qu'elles renferment souvent, viennent à l'appui de cette supposition.

Chez les Dicotylédones, où la gaine est rarement épaissie et a un rôle spécial, la protection du liber mou est généralement confiée dans la racine à un revêtement libérien, comme on l'observe aussi dans les tiges, et la production d'une enveloppe imperméable est la conséquence, tantôt d'une subérisation précoce de l'écorce primaire, tantôt de la formation d'une enveloppe péridermique en dedans de la gaine. Ce qui est dit des racines peut être également appliqué aux rhizômes.

Enfin il y a lieu de remarquer que, chez les plantes nageantes ou flottantes, les tiges exposées aux mouvements de l'eau sont beaucoup mieux protégées par les enveloppes dont il vient d'être question que les racines qui plongent dans le sol.

VIII. Les gaines considérées comme téguments. — D'après les propriétés que présentent les gaines, il est permis de les ranger, au point de vue morphologique et physiologique, à côté des formations cutanées.

Digitized by Google

Elles sont en effet comparables à ces dernières par la cutinisation de leurs parois et l'épaississement des cellules qui les renforcent fréquemment, épaississement analogue à celui que présentent aussi les assises sous-épidermiques, principalement dans les cas où la présence d'un cylindre solide est nécessaire pour maintenir la forme de l'organe (racines et rhizômes des plantes des sables et des marais). On peut établir encore un parallèle assez naturel entre les gaines et les formations cutanées, en ce qui concerne le mode d'épaississement des cellules, les formes de passage qui existent entre le parenchyme à éléments courts et les longues cellules fibreuses, leur accroissement ultérieur, quand l'organe continue à gagner en épaisseur. Et lorsque l'écorce externe tombe, la gaine tient le rôle d'un second tégument jusqu'à ce qu'une nouvelle enveloppe protectrice se soit développée pour la remplacer. Caspary a du reste très clairement expliqué son opinion sur ce rôle de la gaine.

IX. Développement de la gaine. — On peut admettre, en ce qui concerne le développement de la gaine, les modes suivants:

1° La gaine peut se former aux dépens du cambium proprement dit (gaines particulières des Juncacées et Cypéracées, rhizômes et appendices foliaires souterrains).

2° Elle peut naître d'un tissu procambial ou d'un méristème dont la partie périphérique se différencie plus tard en tissus corticaux, tandis que la partie interne donne naissance aux faisceaux que protège la gaine. Comme exemple de ce type, l'auteur signale le rhizôme du *Convallaria maialis*.

3° La gaine peut provenir encore d'un parenchyme dont les cellules, nées par divisions tangentielles, sont rangées en séries radiales. Ce sont alors les cellules internes de chaque série qui constituent la gaine, les extérieures se changeant en tissus corticaux.

4° La gaine peut se constituer enfin à l'aide d'un parenchyme semblable ; mais la seconde assise interne forme seule la gaine, la plus interne appartenant au cylindre central. C'est là un cas particulier, mais qui, comme le précédent, se rencontre dans les vraies racines (racines d'*Equisetum*).

Les renforcements de la gaine, lorsqu'ils sont extérieurs à cette dernière, naissent, soit d'un cambium spécial, soit aux dépens du parenchyme adjacent.

L'étude des gaines protectrices donne une confirmation nouvelle de ce principe, qu'une classification des tissus doit s'appuyer sur la fonction et la structure, et non sur des détails variables du développement.

L. C.

Digitized by Google

Origine et insertion des racines adventives et modifications corrélatives de la tige chez les Monocotylédones; par M. L. Mangin. (*Annales des Sc. nat.*, 6e série, tom. 14, 1882.)

Les études antérieures à celles de M. Mangin avaient porté surtout sur l'anatomie de la tige des Monocotylédones en elle-même, malgré l'attention qu'aurait dû éveiller la propriété générale que possèdent ces tiges de développer des racines adventives destinées à remplacer la racine principale d'existence éphémère. Seuls, MM. Trécul, Falkenberg et de Bary s'étaient occupés de la question, avec des divergences d'opinion très marquées. Dans ces conditions, l'historique de la question aurait été très restreint si M. Mangin n'avait cru devoir passer en revue les diverses opinions émises jusqu'à ce jour sur la morphologie interne des Monocotylédones.

Il résulte de l'analyse des nombreux mémoires écrits sur ce sujet, que les opinions de ces différents auteurs peuvent, d'une manière générale, être réduites à deux. Suivant l'une d'elles (Mohl, Unger, Karsten, Schacht, Sanio, Guillaud, etc.), il y a entre l'écorce et le corps central un méristème qui peut disparaître après la différenciation des tissus ou persister durant la vie entière de la plante. D'après la seconde opinion (Nägeli, Schleiden, Falkenberg, de Bary, etc.), les tissus de la plante dérivent tous du méristème primitif, et le méristème secondaire n'est qu'un reste de ce méristème primitif.

Après cet exposé, M. Mangin rentre dans le corps du sujet. Chez les Monocotylédones, la racine principale étant prématurément détruite, la tige développe tout un système de racines adventives destiné à la remplacer. Par suite, la tige présente deux régions physiologiques distinctes : une région végétative subissant l'influence modificatrice du milieu et une région destinée à supporter les organes de la reproduction, de très courte durée et de structure constante. Ces deux régions sont ou nettement séparées (*Iridées*, *Aroïdées*, etc.) ou passent graduellement de l'une à l'autre (*chaume des Graminées*). Il peut encore se faire que la partie végétative soit uniquement souterraine ou qu'elle présente en outre une partie aérienne portant l'appareil assimilateur (*Ruscus*, *Canna*). Enfin quelques rares Monocotylédones ont des formations secondaires (*Yucca*, *Dracæna*).

Quoi qu'il en soit, il y a toujours deux sortes de tiges à considérer : les tiges avec racines et les tiges sans racines. Ces dernières offrent, après l'apparition des bourrelets foliaires, une région centrale qui se développe en direction centrifuge et une région périphérique à développement

Digitized by Google

centripète; lorsque les deux processus de formation sont arrivés au contact, la distinction entre les deux parenchymes est impossible si les parois de leurs cellules restent minces. Mais le plus souvent les assises extérieures au cylindre central constituent une gaine de protection formée de cellules lignifiées et fortement épaissies (*Pédoncules floraux et tiges aériennes*).

En ce qui concerne les racines adventives, le résultat général des nombreuses recherches de M. Mangin réside dans ce fait, qu'elles ne s'insèrent jamais directement sur les faisceaux de la tige, mais qu'elles sont mises en communication avec eux par l'intermédiaire d'un réseau de faisceaux anastomosés (*réseau radicifère*) indépendants du corps central des racines adventives. Ce réseau, ainsi que les racines adventives, est formé par une couche génératrice spéciale qui n'est que la continuation du péricambium de la racine. Comme ce méristème diffère du péricambium, qui ne produit que des racines, M. Mangin lui donne le nom de *couche dictyogène*. Examinons l'évolution de cette couche dans différents groupes.

1° *Monocotylédones à réseau radicifère superficiel.*— Le développement du cylindre central étant centrifuge et celui de l'écorce étant centripète, il en résulte, entre ces deux régions, la formation d'un anneau générateur qui se divise tout d'abord en direction tangentielle et forme un réseau procambial qui n'est autre chose que la couche dictyogène. En même temps, certaines de ces cellules se divisent dans tous les sens et constituent de la sorte de petits mamelons d'où procéderont désormais et d'une manière exclusive le corps central et l'écorce des racines adventives. Quant à leur coiffe, elle sera formée aux dépens de la portion du parenchyme cortical qui sera traversée par la racine. Pendant le développement des racines, les files procambiales de la couche dictyogène se lignifieront et formeront ainsi le réseau radicifère. Toute cette évolution peut se faire sans interruption, de telle sorte qu'on trouvera sur la tige des racines à tous les états de développement; ou bien il peut se produire un arrêt dans cette évolution, et l'on aura alors des *racines latentes* qui ne deviendront visibles à l'extérieur qu'après la reprise de la végétation. Tous ces phénomènes s'accomplissent en même temps que les divisions s'opèrent dans les cellules internes de l'écorce jusqu'au moment où l'*endoderme* est constitué. Dès lors toute activité cesse, aussi bien dans l'écorce que dans la couche dictyogène. Les cellules endodermiques alternent toujours avec celles de la couche dictyogène, et de plus sont caractérisées, soit par des plissements sur les parois latérales, soit par l'épaississement des parois cellulaires. Il y a ici une différenciation rapide de l'écorce qui n'est précédée que par des cloisonnements sans importance. Mais

Digitized by Google

souvent avant la fin de la différenciation du méristème, il se produit dans la partie interne de l'écorce un cloisonnement tangentiel qui permet de reconnaître dans cette région une portion externe irrégulière et une portion interne régulière. C'est par ce processus que certaines plantes accroissent beaucoup leur parenchyme cortical (*Asphodelus*, *Musa*, *Strelitzia*, etc.).

Tous les phénomènes que nous venons d'analyser, et qui ont été observés en suivant le développement des tissus à partir du sommet végétatif, sont pleinement confirmés par l'examen des plantules en germination.

Quant au réseau radicifère en lui-même, qui est placé en dehors des faisceaux communs, il forme un certain nombre de systèmes étoilés, dont les rayons s'anastomosent, chaque étoile représentant la base d'insertion d'une racine. Il est constitué par des vaisseaux rayés toujours fermés et par du tissu libérien disposé contre l'endoderme en une couche continue à la périphérie du corps central. Les racines s'insèrent avec le réseau radicifère par leurs faisceaux ligneux ; les faisceaux libériens restant en dehors de ceux-ci et s'y superposent plus ou moins exactement. Ce réseau radicifère est bien une formation indépendante, puisqu'il se trouve souvent sur des portions de tige dépourvues de racines (*Acorus calamus*, *Ruscus aculeatus*,) et n'est qu'un intermédiaire entre les vaisseaux de la tige et ceux de la racine. On ne rencontre jamais de vaisseaux annelés ou spiralés dans ce réseau, ils sont toujours rayés, ponctués ou réticulés.

Ce type de structure général, que nous venons de passer en revue, peut être modifié dans sa position ou simplifié dans sa manière d'être. Lorsque les racines sont localisées à la face inférieure des tiges (*Iris florentina*, *Achmea fulgens*, etc.), le réseau radicifère n'existe que sur cette face, et on ne trouve à la face supérieure, entre l'écorce et le corps central, que quelques cellules plus petites que celles du parenchyme cortical. Chez d'autres Monocotylédones, les racines sont localisées aux nœuds, soit uniformément autour du nœud (*Convallaria maialis*, *Calla palustris*, etc.), soit sur l'un des côtés seulement (*Eleocharis palustris*). Aussi dans les entre-nœuds on ne trouve, entre l'endoderme et le corps central, qu'une simple couche de cellules représentant le péricambium de la racine et ne se divisant jamais. Au contraire, aux nœuds, elle se divise tangentiellement et constitue la couche dictyogène ; dans le *Tradescantia virginica*, les phénomènes sont analogues aux précédents, mais les couches corticales internes se multiplient d'une façon assez importante pendant la transformation du méristème primitif et avant l'apparition de l'endoderme.

Digitized by Google

Enfin les racines peuvent être localisées, soit près de la base souterraine de la tige (*Antholyza*), soit tout à fait à la base (*bulbes solides et écailleux*), de telle sorte que le réseau radicifère n'est plus représenté que par un anneau puissant de faible hauteur entourant les faisceaux du bulbe.

Au point de vue des simplifications de structure, disons de suite que le réseau radicifère est naturellement peu développé quand le cylindre central de la racine est très réduit. Mais les plantes aquatiques sont remarquables à ce point de vue. Déjà très réduit dans les *Typha* et *Butomus umbellatus*, le réseau radicifère peut n'être formé que par deux ou trois cellules vasculaires caractéristiques (*Elodea*), ou bien atteindre le dernier terme de la simplification dans certaines plantes où il n'est représenté que par quelques cellules étroites et allongées (*Vallisneria spiralis*).

Les types cités jusqu'ici appartiennent aux tiges exclusivement souterraines : il importe d'examiner les tiges aériennes, dans lesquelles le changement de milieu a produit quelques modifications.

Dans les Aroïdées et principalement dans la tribu des Monstérinées, les racines sont bien développées sur toute la longueur de la tige, mais sont localisées à peu près sur le tour de sa circonférence, de sorte que ce n'est que dans cette région que l'on observe la présence de l'endoderme et du réseau radicifère. Sur les autres points de la circonférence, le parenchyme interfasciculaire central passe directement au parenchyme cortical. Dans les Villosées, qui ont une tige triquètre et chez lesquelles les racines s'insèrent sur le milieu des faces planes, le réseau radicifère forme trois bandes réticulées occupant les faces de la tige.

Dans les Graminées et les Commelynées, qui ne développent des racines qu'aux nœuds, le réseau radicifère forme un simple anneau entourant le corps central. Mais dans ces régions le parenchyme interfasciculaire central renferme un lacis de faisceaux sinueux qui se continue aussi bien avec les racines adventives qu'avec les faisceaux des bourgeons. Or on croyait que ce lacis était simplement formé par les anastomoses des faisceaux des racines adventives, qui se seraient de la sorte insérées sur les faisceaux du bourgeon axillaire. M. Mangin a montré que le lacis interfasciculaire est tout à fait indépendant du système radical, puisque d'une part il se développe au centre de la tige sans la moindre relation avec les racines, et que d'autre part il existe dans les portions de tige qui jouent simplement le rôle de support pour les organes reproducteurs et sont par suite dépourvus de racine. C'est dans la suite du développement seulement que le réseau radicifère contracte des relations aussi bien avec les faisceaux communs qu'avec ceux du lacis sinueux.

Digitized by Google

2° *Monocotylédones avec méristème secondaire.*—Dans les plantes de ce groupe (*Yucca*, *Dracæna*), il n'y a pas de trace de réseau radicifère, et ce sont les faisceaux secondaires qui forment l'intermédiaire entre la tige et les racines adventives. De plus, ces faisceaux étant indépendants des feuilles, il y a lieu d'admettre l'analogie frappante que ce système de faisceaux présente avec le réseau radicifère; cette analogie est d'ailleurs pleinement confirmée par l'étude du développement et l'examen des types de transition. A ce dernier titre, les Aloïnées et les *Agave* sont des types bien intéressants. Chez les *Aloe*, après la différenciation des tissus, il persiste une assise génératrice, un méristème secondaire de même origine que la couche dictyogène, qui par son évolution progressive forme une couche épaisse de tissus secondaires, parenchymes et faisceaux. L'apparition de l'endoderme met fin à son activité; si donc on fait des coupes dans les points où le méristème est encore actif, on aura la disposition des *Yucca*; si au contraire la coupe passe dans les points où le méristème est mort, on a la disposition ordinaire des Monocotylédones déjà étudiées (*Asphodelus luteus*, *Sisyrinchyum striatum*, etc.). Il y a donc similitude complète d'origine, de structure et de fonctions entre le réseau radicifère et les faisceaux secondaires des Aloïnées. La structure des tiges d'*Agave* se rapproche encore plus de celle des *Yucca*. L'*Agave americana*, par exemple, présente des stolons se terminant par de jeunes pousses qui développent des racines à leur base. Ces stolons ont la structure ordinaire d'une tige et n'offrent ni formations secondaires ni réseau radicifère, et, partant, jamais de racines adventives. Tout autre est la structure de la base des pousses feuillées qui supportent les racines. A ce point, l'endoderme a disparu et les assises internes à cette couche organisent par cloisonnement un méristème qui forme les racines ainsi que le système fasciculaire qui les rattache à la tige. C'est exclusivement sur ce système que s'insèrent les racines à des profondeurs variables, selon qu'elles sont plus ou moins loin du sommet; ce qui distingue ce méristème de celui des Aloïnées et le rapproche encore plus des *Yucca*, c'est qu'il conserve son activité pendant toute la vie de la plante. L'assimilation avec le réseau radicifère est encore ici plus vraisemblable, si l'on note que la tige des *Agave* est très courte et n'a, par suite, aucun rôle à jouer comme organe de soutien.

Enfin, dans les Monocotylédones nettement arborescentes (*Yucca*, *Dracæna*, etc.), l'origine du méristème secondaire est la même que celle de la couche dictyogène; il procède ici comme ailleurs, dans les *Aloe* et les *Agave*, de l'assise périphérique du cylindre central. Ce méristème organise les faisceaux secondaires qui courent dans toute la longueur de la tige et contractent des connexions avec les racines dans les portions sou-

Digitized by Google

terraines seules. Ces faisceaux à cellules vasculaires *courtes ponctuées et jamais spiralées*, sont les seuls intermédiaires entre le tissu conducteur de la tige et celui de la racine, et constituent, en outre, un appareil de soutien. L'origine, le rôle et la structure de ce sytème fasciculaire secondaire, permettent de dire qu'il n'est, en somme, que le résultat d'un développement exagéré du réseau radicifère des autres Monocotylédones.

3° *Pandanées.*—On ne trouve ici aucune trace de méristème secondaire. Les tissus s'organisent comme dans les autres plantes, et la différence ne s'accentue qu'au moment où le corps central et l'écorce, tout en étant différenciés, sont encore séparés par un anneau de tissu actif des restes du méristème primitif; cet anneau générateur organise les ébauches seules des racines, mais ne produit jamais ni méristème secondaire ni réseau radicifère. En outre, les racines se dirigent perpendiculairement à l'axe de la tige, s'insinuent de bas en haut entre les faisceaux communs, sur lesquels elles s'accolent au bout d'une certaine distance. Ce fait particulier se produit de la façon suivante. Le parenchyme interfasciculaire et voisin des ébauches des racines repasse à l'état de méristème et forme des cordons procambiaux qui s'allongent dans le corps central et se terminent près des faisceaux centraux. La lignification de ces cordons commence au centre de la tige et se continue jusqu'à la base de la racine, c'est-à-dire en direction inverse du développement du procambium. Ces phénomènes sont uniformes chez les Pandanées, tandis que d'autres (*Sabal Adansoni*) ont un réseau radicifère superficiel, comme la généralité des Monocotylédones. Entre ces deux types, on trouve tous les types intermédiaires, notamment les *Cyclanthus*, qui, en outre d'un réseau radicifère, présentent une pénétration plus ou moins profonde des faisceaux de la racine dans le corps central.

J. H.

L'épiplasma des Ascomycètes et le Glycogène des végétaux ; par M. L. Errera. Bruxelles, 1882 (Manceaux, édit.).

Le protoplasma ordinaire non différencié comme générateur des grains d'amidon, ne formant pas les leucites actifs de M. Van Tieghem, auxquels M. Errera donne le nom d'*Amyloplastes*, est, selon cet auteur, capable de former, au moyen de corps ternaires dissous, un hydrate de carbone voisin de l'amidon : le Glycogène.

Le développement de ce corps serait indépendant de la chlorophylle

Digitized by Google

puisqu'il se forme abondamment dans les champignons les plus variés; c'est même là seulement que sa présence est indiscutable.

Mais toutes les autres plantes qui ont été soumises à l'étude ont révélé l'existence d'une substance qu'on peut légitimement considérer comme un Glycogène analogue sinon identique au Glycogène développé dans le foie des animaux.

L'auteur signale le Glycogène dans les Algues vertes. Il considère comme constitués par cette matière les corps d'aspect amylacé signalés par Nägeli chez les Algues Floridées (*Callithamnion*, *Nitophyllum*, *Polysiphonia*. *Cystoclonium*, *Delesseria*, *Rhytiphlœa*) étudiés depuis par M. Van Tieghem (*Comptes rendus* 1865) et par M. Rosanoff, qui les ont considérés comme très voisins de l'amidon. M. L. Errera les a découverts encore dans un *Lemanea*.

Tous les Glycogènes étudiés ne constitueraient pas une seule espèce chimique, mais formeraient un groupe d'hydrates de carbone répondant à la formule $C^6H^{10}O^5$ Aq. Leurs solutions aqueuses sont opalescentes, fortement dextrogyres (+ 211°), facilement précipitées par l'alcool, sans action réductrice sur les liqueurs de Fehling et de Trommer. Ils sont tous incristallisables. Les Glycogènes ne sont pas solubles dans l'eau ; malgré les apparences, ils y forment seulement une sorte d'empois mince, dû à un état de division mécanique et de gonflement extrêmes.

Dans les Ascomycètes, où M. Errera a pu mieux étudier l'évolution et le sort du Glycogène, il croit pouvoir le considérer comme une réserve provisoire, qui est employée au moment de la maturation des spores et fournit les matériaux pour la formation de l'huile des spores mûres.

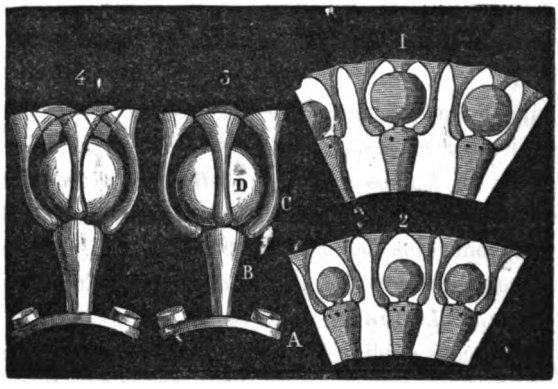
Observations sur les Algues calcaires confondues avec les Foraminifères et appartenant au groupe des Siphonées dichotomes ; par M. Munier-Chalmas. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, tom. VII, pag. 661.)

Dès 1877, M. Munier présentait à l'Académie des Sciences une courte note dans laquelle il démontrait que les organismes fossiles connus sous le nom de Dactylopores et rattachés par les anciens paléontologistes aux Foraminifères, sont en réalité des Algues représentées encore aujourd'hui dans nos mers. Il y établissait l'identité générique entre le *Cymopolia* Lamx et les *Polytrypa* fossiles, et constatait même que les formes vivantes et fossiles sont assez difficiles à distinguer spécifiquement. Les *fig.* 1-4 sont très démonstratives sur ce point. La *fig.* 1 représente une section transversale d'une partie du cylindre central du *Cymopolia Rosarium* Lamx, montrant : 1. les canaux qui recevaient les cellules

Digitized by Google

verticillées ; 2. les cavités centrales qui logeaient les sporanges. La *fig.* 2 représente une coupe du *Polytrypa elongata* Defr. Dans la *fig.* 3, on

FIG. 1, 2, 3, 4,



voit des cellules verticillées du *Cymopolia Rosarium*, isolées du cylindre calcaire par un acide ; A représente la paroi de la cellule centrale; B, le premier rang des cellules verticillées ; C, les cellules terminales en ombelles, au centre desquelles se voit un sporange axile D; un rameau du *Polytrypa elongata* fossile, obtenu par moulage est figuré en 4.

Toutes les formes vivantes et fossiles présentant ces caractères doivent être confondues et constituent dans le groupe des Algues vertes une section importante de la grande famille des Siphonées, les Siphonées verticillées. Elles comprennent plus de cinquante genres, la plupart *triasiques, jurassiques, crétacés et tertiaires*. Les mers actuelles n'en renferment plus que sept genres, dont le plus connu est le *Dasycladus* Ag., autour duquel se groupent les *Halicoryne* Harv. *Cymopolia*, Lamx, *Polyphysa* Lamx, *Acetabularia* Lamx, *Neomeris* Lamx, et enfin le *Bornetella* établi par M. Munier aux dépens de certaines espèces de *Neomeris* (*N. nitida* Harv.), dans lesquelles la position du sporange est différente de celle qu'elle occupe dans les *Neomeris* types.

Le même savant s'est occupé depuis des *Ovulites*, rangés jusque-là par les paléontologistes parmi les Foraminifères monothalamiens. Il a reconnu que ces organismes sont encore des Algues Siphonées identiques ou très voisines des *Coralliodendron* (*Penicillus*), des *Espera* et des *Rhipocephalus*, qui vivent dans les mers chaudes ou tempérées.

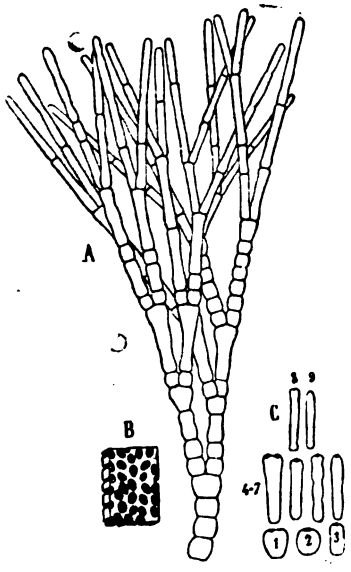
Le *Coralliodendron* (*Penicillus*) *arbuscula* vit abondamment aujourd'hui sur les côtes occidentales de l'Australie.

Lorsque l'on examine attentivement les rameaux qui composent la fronde des *Coralliodendron* et qui s'insèrent sur un stipe plus ou moins élevé, on remarque bien vite qu'ils sont formés de parties étranglées

Digitized by Google

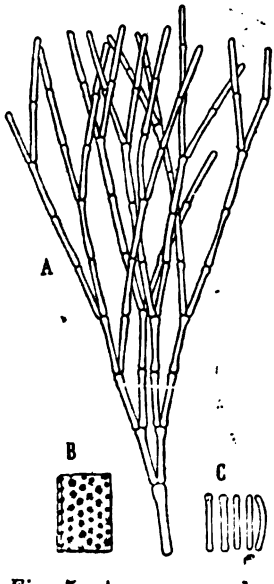
simulant de fausses articulations superposées, A, *fig.* 5. Ces articles sont très inégaux dans cette espèce, les uns allongés, les autres courts et arrondis ; ils sont formés par une enveloppe calcaire qui recouvre les parois d'une cellule centrale unique et arrondie. En les examinant à un fort grossissement, on voit qu'ils présentent, comme les *Ovulites*, des canaux B, traversant l'enveloppe calcaire. Ces canaux ne sont autre chose que les intervalles destinés à laisser passer les prolongements qui hérissent la cellule et qui viennent se mettre en contact avec le milieu ambiant.

Fig. 5.



Lorsque les fausses articulations sont séparées les unes des autres par rupture C, celles qui sont simplement superposées une à une ne peuvent jamais présenter qu'une seule ouverture à chaque extrémité, tandis que celles qui donnent naissance à deux rameaux en portent toujours deux à leur partie supérieure (1 et 7).

Fig. 6.



Il n'est pas possible de distinguer génériquement les *Coralliodendron* vivants des *Ovulites* fossiles. Tout au plus les *Ovulites* peuvent-ils être considérés comme une section sans grande importance des *Coralliodendron*. Encore faudra-t-il en exclure l'*Ovulites elongata*, représenté *fig.* 6, qui est un *Coralliodendron* proprement dit.

Les unes et les autres entrent dans le groupe des Siphonées dichotomes.

M. Munier en décrit plusieurs espèces et donne en même temps la diagnose du genre modifiée par l'étude comparée des formes vivantes et fossiles.

Fig. 1 et 3. *Cymopolia Rosarium* Lamx.
Fig. 2 et 4. *Polytrypa elongata* Defr.

Fig. 5. A. rameau de Coralliodendron (Penicillus) arbuscula (grossi 3 fois) C. articles isolés, 1 et 7 articles de dichotomisation présen-

Digitized by Google

tant deux ouvertures à leurs parties supérieures ; 2-6 et 8 articles simples — B. surface extérieure des articles grossie.

Fig. 6. A. rameau restauré de Coralliodendron elongatum (grossi 4 fois) B. surface extér. des articles grossie. — C. articles.

BIBLIOGRAPHIE.

Literatura Hymenopterorum-Chrysididæ Faunæ Hungaricæ; par Alexandre Mocsary. Budapesth, 1882. — Sur les migrations des Pucerons ; par le Dr G. de Horvath, directeur de la Station phylloxérique hongroise. (*Revue d'Entomologie* ; Caen, 1883, n° 3.)

Les deux ouvrages ci-dessus, dont la science entomologique est redevable au savant Professeur du Musée national Hongrois, méritent une mention toute spéciale et seront accueillis avec enthousiasme par tous les hyménoptérologues.

Chacun sait combien il est difficile, de nos jours, dès que l'on s'occupe d'une question spéciale, de trouver l'indication de tous les travaux qui ont paru à son sujet.

Or, sous le titre modeste de *Literatura Hymenopterorum*, M. Alex. Mocsary a réuni dans une élégante brochure de 120 pages, admirablement imprimée, les noms de tous les auteurs qui ont écrit sur les hyménoptères, non seulement en indiquant le titre de l'ouvrage, mais même en relevant le plus souvent le nom des insectes dont l'auteur s'est occupé et en donnant les genres et espèces nouveaux. Ce catalogue de la littérature hyménoptérologique est fait avec beaucoup de soin et sera complètement indispensable à tous les auteurs qui voudront publier quelque travail sur les Hyménoptères. Il serait vivement à désirer que cet exemple fût suivi pour les autres ordres d'insectes. En effet, depuis la *Bibliotheca Entomologica* de Hagen, en 1862-63, il n'y a pas eu d'ouvrage énumérant les travaux entomologiques, ou du moins, s'il y en a eu, ce n'ont été que quelques additions à l'ouvrage de Hagen, publiées tantôt dans un recueil, tantôt dans un autre, mais rien de complet.

Il ne faut guère plus penser, de nos jours, à faire un catalogue exact de tous les ouvrages parus sur l'entomologie en général, mais on peut encore, et M. Alex. Mocsary vient de le prouver, très bien faire le catalogue de tous les ouvrages parus sur tel ou tel ordre d'insectes. Puisse cet exemple être suivi, puissions-nous successivement voir une *Literatura Coleopterorum*, *Lepidopterorum*, etc., etc. Conçus sur le même plan que celui de Mocsary, qui peut servir de modèle, ces ouvrages seraient vivement appréciés par tous les entomologistes.

Digitized by Google

Avec son catalogue des auteurs qui se sont occupés d'hyménoptérologie, M. Mocsary, qui est un travailleur infatigable, a publié un ouvrage sur les *Chrysidides* de Hongrie, qui a été couronné par l'Académie des Sciences hongroise et édité aux frais de cette savante corporation. Il aura pour les lecteurs français l'inconvénient d'être écrit en langue hongroise, et son titre : *A Magyar Fauna Fémdarazsai*, les effrayera d'abord ; mais, tout patriote que soit M. Mocsary, et en écrivant dans la langue de son pays, il a pensé aux peuples latins, ces ignorants auxquels les langues slaves sont inconnues, et a fait suivre son travail d'un résumé écrit dans le plus pur latin, qui permet aux lecteurs français peu versés dans l'idiome *Magyar* d'apprécier le mérite de l'ouvrage en se reportant au texte hongrois pour la partie synonymique, qui est traitée avec un soin tout particulier.

L'auteur a adopté pour sa classification les données de Dahlbom divisant les Chrysides d'après la conformation du dernier segment de l'abdomen ; mais au lieu des *Phalanges* de l'auteur suédois, M. Mocsary se sert des nouveaux noms des *sous-genres* proposés par M. Lichtenstein, de Montpellier :

Holochrysis, *Gonochrysis*, *Monochrysis*, *Dichrysis*, *Trichysis*, *Tetrachrysis*, *Pentachrysis*, *Hexachrysis*.

Son travail gagne beaucoup en clarté par ces noms faciles à comprendre et à retenir et qui nous paraissent bien préférables à ceux de *Virides*, *Zonatæ*, *bicolores*, *auratæ*, employés par le dernier auteur français qui s'est occupé de l'étude de cette charmante famille[1] et qui les classe d'après les couleurs. M. Alex. Mocsary, décrit neuf espèces nouvelles, savoir :

HOLOPYGA *similis*, *bellipes*.

HOLOCHRYSIS *carinæventis*.

GONOCHRYSIS *Frivaldszkyi*, *fallax*, *venusta*.

TETRACHRYSIS *placida*, *Chevrieri (nec Abeille)*.

HEXACHRYSIS *calimorpha*.

De plus, dans une critique des plus courtoises du remarquable travail de notre compatriote M. Abeille, M. Mocsary relève quelques erreurs en restituant les noms de Dahlbom ou Förster à quelques espèces mal placées par le savant français. Ces petits désaccords entre les deux plus récents travaux sur les *Chrysidides* s'expliquent facilement, surtout par le fait que M. Mocsary avait sous les yeux toutes les espèces de Förster, ce qui n'avait pas été donné à M. Abeille.

---

[1] *Synopsis critique et synonymique des Chrysides de France* ; par Elzéar ABEILLE DE PERRIN. Paris, 1878.

Digitized by Google

En somme, le beau travail de Mocsary sur les *Chrysidides* de la Hongrie est indispensable à tous ceux qui s'occupent de l'étude de ces petits bijoux vivants qu'on appelle les *Guêpes dorées ou Chrysides*, et le nombre de ces amateurs d'insectes brillants est déjà fort considérable.

Après son compatriote M. Mocsary, un autre savant entomologiste, M. Horvath, directeur de la Station phylloxérique hongroise vient nous apporter, dans une Revue entomologique française, le résultat de ses observations sur l'évolution biologique des pucerons. Ces observations confirment en tous points les faits déjà connus et publiés par M. Lichtenstein sur l'évolution biologique et les migrations des pucerons de l'Ormeau. Aux faits connus M. Horvath ajoute celui d'une migration d'une autre espèce de puceron, le *Pemphigus Zeæmaydis* Léon Duf. = *Pem. Boyeri* Passerini, des racines du Maïs ou tronc des Ormeaux. Il ajoute qu'il ne sait pas à quelle espèce, vivant sur l'Ormeau, il pourrait rattacher cette forme. Comme il n'y a qu'une seule espèce de *Pemphigus* connue sur l'Ormeau, il nous semble qu'il y a grande probabilité que ce sera celle-là, *Pemphigus pallidus* Haliday, dont M. Horvath aura découvert les formes souterraines.

Ce qui nous surprend dans le travail de l'entomologiste hongrois, c'est qu'en constatant l'exactitude des observations de notre entomologiste languedocien et en adoptant même (provisoirement sans doute) ses dénominations, il dit en terminant qu'il n'admet pas les œufs uniques renfermant les germes des deux sexes, les œufs bourgeons, les larves bourgeonnantes, les pupifères ailés, etc. M. Horvath croit qu'on n'a pas besoin de recourir à des hypothèses aussi étranges pour expliquer le développement parthénogénésique de ces insectes polymorphes. Nous attendons M. Horvath à l'œuvre, et lirons avec beaucoup d'intérêt une histoire simplifiée de l'évolution biologique des Aphidiens ; mais si lui-même constate que l'œuf est *unique* et que plus tard les sexes sont *séparés*, il faut bien que les germes mâle et femelle soient réunis sous la même enveloppe dans l'œuf qui est unique ?

RÉD.

---

[1] *Revue entomologique*; Caen, 1883, n° 3, pag. 64.

L'Éditeur-Gérant : CHARLES BOEHM.

MONTPELLIER. — TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE DE BOEHM ET FILS

Digitized by Google

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ESSAI SUR LE VOL DES INSECTES

Par le Dr AMANS.

Le sujet n'est pas neuf, mais il est loin d'être épuisé. Malgré les minutieuses dissections des Dufour, Chabrier, Audouin, Latreille, etc.; malgré les remarquables expériences des physiologistes contemporains, on n'a pu encore dégager de l'aéronautique animale une application satisfaisante pour l'aéronautique mécanique. Les uns étaient trop exclusivement anatomistes, les autres pas assez; à ce dernier groupe nous pouvons ajouter l'école des ballonnistes. Le ballon aura été plus nuisible qu'utile à l'étude de la navigation aérienne; en passionnant les esprits pour un premier résultat acquis, il les a détournés de l'étude autrement féconde de la machine animale.

Les insectes sont plus lourds que l'air et se passent de l'hydrogène; tâchons de les imiter dans tous leurs détails d'organisation, et l'air deviendra notre domaine. « La mécanique peut toujours reproduire un mouvement dont la nature est bien définie», dit le professeur Marey. Sans doute; et si l'on n'a pas encore abouti, c'est que justement cette nature ne nous paraît pas bien définie. Il y a tant de détails dans l'aile d'une insecte; tous ont leur importance; imprudent celui qui en oublie un seul! Chabrier néglige la surface alaire, Marey la base, Petitgrew quelques éléments de la base. Ces trois auteurs ont attaqué vigoureusement le problème du vol. Notre compétence n'est pas encore assez grande pour porter un jugement sur l'ensemble de leurs travaux; nous nous bornerons, pour le moment, à des critiques de détails, nous basant toujours sur une anatomie des plus rigoureuses. Celle-ci sera toujours notre clef, et nous n'aborderons la physique et la mécanique qu'après avoir construit une

Digitized by Google

carcasse exacte, soit de Demoiselle, soit de Bourdon. Nous serons à temps, plus tard, de généraliser, de simplifier la carcasse, d'en éliminer certaines pièces, d'en remplacer d'autres ; de telle sorte que, l'électricité aidant, la machine aérienne ne ressemblera pas plus à un Bourdon que la locomotive à une Gazelle. Le temps de cette transformation n'est peut-être pas très éloigné ; que les anatomistes et les mécaniciens se donnent la main une bonne fois, et le problème est résolu.

Nous nous proposons d'étudier l'anatomie du thorax chez trois types très différents par leur structure et leur vol : chez l'Æschna, le Sirex et la Locuste. Mais la fonction du vol leur est commune et l'instrument du vol peut aussi se réduire à un type commun.

Nos recherches ont été poursuivies dans le laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

ANATOMIE DU THORAX DES LIBELLULES [1].

Le prothorax ne jouant pas un grand rôle dans le vol, nous étudierons surtout le mésothorax et le métathorax, c'est-à-dire la portion alaire proprement dite. Celle-ci a la forme d'un coin à grosse extrémité dirigée en avant ; un plan vertical axial donnerait une section pentagonale ; un second plan perpendiculaire au premier, incliné de 45° environ en arrière sur le sternum du métathorax, donnerait une section trapézoïde à grand côté supérieur. Un abdomen très long, une grosse tête, achèvent de donner à l'ensemble l'aspect d'un coin ovoïde, oblong, très renflé à l'un des bouts, très effilé de l'autre. Les ballonnistes[2] sont bien obligés

[1] Mes recherches ont porté sur une Æschna de grande taille, envoyée de Saïgon par M. Rigal, pharmacien de la marine. Nous avons reçu aussi de lui le magnifique orthoptère dessiné Pl. III. Ne ne saurions assez vivement remercier M. Rigal de cet intelligent cadeau ; il serait à désirer que les pharmaciens et médecins de la marine suivissent son exemple et fissent profiter de leurs voyages les naturalistes sédentaires et fixés. Il suffit d'un flacon et de l'alcool pour conserver de si précieux matériaux.

[2] Voir Revue Scientifique.

Digitized by Google

d'abandonner l'ancienne forme des montgolfières et de se rapprocher de celle que nous indiquons, s'ils veulent tant soit peu se diriger : on a tout intérêt à imiter la nature. Analysons ce coin.

L'animal décapité et vu de face, présente (μ, *fig.* 2) une surface bombée de chaque côté de la ligne médiane (le côté antéro-supérieur (o, *fig.* 2) de notre pentagone). C'est le front de Chabrier, formé par la réunion des flancs du premier segment alaire. La soudure est interrompue vers le haut par une fente en forme de V, de chaque côté de laquelle le tergum[1] forme une saillie à pointe dirigée en arrière. Cette saillie est formée par deux plans, un plan supérieur la *plate-forme*, et un plan latéral le *mur*, aux pieds duquel on voit le *sillon* (l). Ce sillon la sépare des flancs proprement dits. Une membrane (a, *fig.* 1, 2) tendue entre les deux branches du V permet à ces branches de s'écarter légèrement en avant et en dehors. On remarque sur le bord postérieur de cette saillie, vers le tiers externe, un coude que nous nommons *premier pivot* (c_1, *fig.* 1, 2).

Continuons notre voyage sur le tergum. En nous supposant à l'extrémité des branches du V, nous voyons à nos pieds une fosse, en face un dôme, à droite et à gauche la surface d'insertion des ailes antérieures. On descend dans la fosse au moyen d'un gradin (d, *fig.* 1, 2) séparé de la saillie triangulaire par la suite de la membrane du V. Ce gradin constitue la lame antérieure du tergum interalaire ; ce tergum forme une sorte de dôme élastique (e) plongeant en avant sous son rebord antérieur, sous le gradin, que nous nommerons ressort antérieur. Les extrémités (d_1) de ce ressort viennent s'engager dans une échancrure de la base radiale. Le dôme se continue latéralement par une ligne brisée dont l'angle regarde en dehors, en avant et en bas. Cette direction, non signalée par Chabrier, est, comme nous le verrons tout à l'heure, d'une importance capitale pour la réali-

[1] Les expressions de tergum et de pectus, de flancs et de sternum, nous suffiront dans le cours de notre Mémoire. N'ayant pas pour but d'établir l'homologie des pièces du squelette dans la série des Insectes, nous laisserons se battre les nomenclatures variées de Kirby, Mac-Leay, Audouin, Jurine, etc.

Digitized by Google

sation d'une aile artificielle. Au niveau de cet angle, le dôme subit une dépression jusque sur la ligne médiane, pendant que son contour fuit en dehors. Un rebord postérieur (*g*) termine cette dépression, destinée à loger la base cubitale dans le cas de l'aile au repos. En arrière du ressort antérieur, on remarque une saillie de renforcement (*r fig.* 1), et au niveau de l'angle tergal (*f*) deux plis divergents destinés également à résister aux efforts d'élévation. Ces renforcements dénotent dans les extrémités du ressort antérieur et dans le coude tergal, les points d'attaque de la base de l'aile. Au contraire, le rebord postérieur de la dépression s'unit par un ressort coudé (g_1, *fig.* 1) à la base de la nervure postérieure ; les branches de ce ressort sont étroitement appliquées l'une contre l'autre lorsque l'aile est au repos (*fig.* 2).

En arrière du dôme est une surface tribosselée (*h*), qui est l'homologue de la membrane interfrontale. Elle est bordée, du reste, latéralement par une saillie (*k*) homologue de la saillie frontale ; cette saillie porte de même un tubercule qui est le premier pivot de l'aile postérieure. En arrière de cette surface tribosselée est le tergum interalaire postérieur, plus long que l'antérieur, et à sillon médian sur le dôme. A cela près, mêmes formes de ressort antérieur, de ressort postérieur, et de contour latéral. Le bord antérieur de la saillie frontale est mou, de sorte que le ressort postérieur du premier segment alaire peut jouer et l'aile antérieure peut s'abaisser sans que la postérieure bouge. Même facilité de déplacement pour le tergum métathoracique, en arrière du ressort postérieur. Si nous considérons que les saillies frontales sont en réalité des appendices des flancs, nos deux tergum interalaires et la surface intermédiaire tribosselée forment une sorte de toit mobile, élastique, convexe, articulé latéralement avec la base des ailes, pouvant jouer en avant, en arrière et au milieu.

La base des ailes est formée de deux tubérosités : la première, radiale (R, *fig.* 1, 2, 7), formée par les bases des nervures antérieures; la seconde, cubitale (C), par les bases des nervures postérieures. Six nervures principales partent de la base de l'aile, trois

Digitized by Google

internes (radiale, cubitale, postérieure) et trois externes (proradiale, sous-radiale, sous-cubitale), ou bien encore trois antérieures (proradiale, radiale, sous-radiale) et trois postérieures (1-6, *fig.* 7). Le coude tergal (*f*) s'articule avec la tubérosité cubitale et envoie un de ses plis dans l'intervalle qui sépare la seconde tubérosité de la première. Celle-ci porte deux échancrures : une (*c* pour le premier pivot, l'autre (d_1) pour la tête du ressort antérieur; au repos, cette dernière tête est en dessous, en avant et en dedans du premier pivot. Nous avons distingué une nervure proradiale; en réalité, elle n'est guère distincte qu'à la base; elle se fond rapidement avec la radiale, de manière à constituer la nervure antérieure proprement dite. La *fig.* 1 représente l'insertion tergale de la base de l'aile.

La base pariétale [1] de l'aile (SS'S'', *fig.* 3) présente aussi des saillies correspondant plus spécialement aux nervures externes. La première (S) bascule sur le deuxième pivot (c_2); la seconde (S') bascule sur le troisième pivot (c_3) et correspond à la nervure sous-radiale (3, *fig.* 3); la troisième (S'') saillie pointue se meut dans l'aisance; elle correspond à la nervure sous-cubitale (S, *fig.* 3, 7, 1, 2).

Les flancs forment les points d'appui de l'aile. Le sillon frontal (*l*) se continue en arrière et va rejoindre son homologue (*n*) ; un autre sillon (S, *fig.* 3) le coupe obliquement, séparant ainsi le front du flanc moyen. Il se continue en haut par une fourche dont chaque extrémité sert à faire basculer la base de l'aile; ce sont ces deux extrémités que nous appelons *second pivot* et *troisième pivot* (c_2, c_3, *fig.* 3). Le second pivot est en dessous, en dedans et en arrière du premier; le troisième, un peu plus bas que le second mais sensiblement en projection horizontale sur la ligne du premier au second. Les trois pivots sont plus élevés que l'articulation tergo-alaire. La *fig.* 9 nous les montre dans l'espace avec leurs côtes relatives.

---

[1] On sait que l'aile peut être considérée comme formée par l'adossement de deux membranes. On peut donc distinguer une base tergale et une base pariétale.

Digitized by Google

Nous pouvons déjà conclure que la base de l'aile doit être considérée comme formée de deux plans dont l'angle au repos est très obtus; le premier pivote autour d'une ligne allant du coude tergal au premier pivot. Ce premier plan correspond à la portion radiale. Le second plan pivote autour d'une ligne allant du coude tergal à l'angle du ressort postérieur. L'existence de ce second plan paraît peu évidente au repos, à cause de la dépression tergale où vient se loger la tubérosité cubitale; il semble alors que l'aile soit formée d'un seul plan formant avec sa symétrique un angle ouvert en avant. Mais abaissons l'aile, et nous verrons les deux portions se distinguer nettement. L'antérieure se porte en avant et en bas; la postérieure la suit, et force lui est de se dresser sur la ligne postérieure, dont nous avons déjà étudié la direction; en même temps qu'elle bascule sur le troisième pivot, elle subit un léger écartement de la portion antérieure, ce qui augmente encore son angle avec celle-ci. En résumé, l'aile commence à frapper l'air avec sa portion antérieure, et la colonne d'air frappé vient buter contre une surface de plus en plus grande représentée par la portion postérieure. Nous remarquons, en outre, un phénomène très important : l'aile se porte en avant. La *fig.* 10 donnera une idée de ces rabattements. Soit xy, la ligne de terre entre le plan de la plate-forme frontale et un plan perpendiculaire; soit A B C, la nervure radiale au repos; la nervure proprement dite BC forme avec le diamètre longitudinal (A B, *fig.* 1), de la tubérosité radiale un angle obtus dirigé en avant. $A_1 B_1 C_1$ représente la position d'abaissement : on voit que l'aile s'est portée en avant. Pourquoi ce déplacement en avant? L'aile forme un levier double du troisième genre (non pas un levier simple, comme on l'a dit); c_2, c_3 sont les deux points d'appui, d et f les deux points d'application. Le dôme élastique soulevé aux points d et f est forcément comprimé, car ces points se rapprochent de la ligne médiane. Il se développe donc une force d'élasticité; celle-ci se dirige du côté où il y a du jeu, c'est-à dire en arrière, du côté de la surface à trois bosses. Mais si le tergum est poussé en arrière, il en est de même des petits bras de levier représentés par les

Digitized by Google

tubérosités radiale et cubitale; par suite, les grands bras de levier, c'est-à-dire l'aile proprement dite, seront portés en avant. En résumé, l'aile ne peut pas se porter en bas sans se porter en même temps en avant. Ce mouvement est très souple, par suite du premier pivot et de la membrane interfrontale.

La *fig.* 10 représente plus spécialement le rabattement du bord antérieur du plan radial. Quant au plan postérieur ou tibial, il pivote sur la ligne postérieure en prenant son point d'appui sur le troisième pivot, son principal point d'application étant au coude tergal. Le tergum étant déjà poussé en arrière par le soulèvement du ressort antérieur, le plan tibial s'arcboute sur le troisième pivot et tourne sa face en avant; ce mouvement lui est permis, car l'extrémité postérieure de sa base est libre de se mouvoir. Son golfe d'évolution est formé d'une membrane molle. Le ressort antérieur a besoin d'espace pour se dégager de dessous la plate-forme; les branches du V le lui donnent en s'écartant légèrement, mais elles tendent à se rapprocher; même état de tension dans les bords du tergum tirés en haut, en arrière et en dedans. Aussi, à peine la force d'abaissement a-t-elle cessé, que l'aile, sous l'influence de cette tension, se relève brusquement et reprend sa position d'équilibre. Tous ces mouvements peuvent être observés sur le cadavre, et il n'est nullement besoin d'air pour faire mouvoir la base de l'aile. Chabrier donne beaucoup trop d'importance à ce phénomène; il n'a du reste rien déduit de la géométrie de la base de l'aile. Nous reviendrons sur ce mécanisme en discutant les diverses théories.

Continuons l'anatomie de la face externe de la cage ailée. Nous avons déjà vu la partie supérieure des flancs antérieur et moyen, le premier formant le front et la plate-forme; le second porte en haut une saillie analogue. Le sillon qui le limite en arrière se prolonge, de même que l'antérieur, en une fourche qui fait basculer l'aile postérieure. Les deux sillons pariétaux se bifurquent aussi, en formant ainsi la limite inférieure des flancs.

La rainure longitudinale se continue en arrière par les bords postérieurs du plan postérieur, séparés de l'abdomen par une

Digitized by Google

membrane molle. Nos trois flancs, considérés en dessous de la rainure, ont une forme pentagonale qui décidément s'est imposée à l'évolution de l'Æschna.

La région inférieure ou sternale, légèrement convexe, est formée par la surface d'insertion des pattes. La charpente en est formée : 1° par la suite des sillons qui viennent aboutir sur la cloison médiane ; 2° par cette cloison médiane (*q*, *fig.* 6) ; 3° par les segments triangulaires (*z*,*z'*, *fig.* 6) situés à la bifurcation des sillons ; les trous des pattes (*p*, *p'*) sont de chaque côté de la cloison. En arrière des trous postérieurs, s'étend un plancher formé (*h*, *fig.* 5) par les bords inférieurs des flancs postérieurs.

Pénétrons dans la cage (*fig.* 5). Sur la ligne médio-sternale, nous voyons un squelette qui sert, tant pour les muscles des ailes que pour ceux des pattes. Il s'étend exactement au-dessus des bords internes de chaque cercle pédieux. La partie principale (β) a la forme d'une selle dont les prolongements latéraux s'unissent à la fourche du stigmate métathoracique (*g g'*) ; sa base est fixée entre les deux segments alaires. En avant, sa pointe s'enfonce entre deux cupules mobiles (α) ; en arrière, entre deux cupules (α') fixées à cette pointe par leurs bords internes ; ces cupules sont infundibuliformes, échancrées en dehors. L'antérieure a son pied fixé au rebord antérieur du cercle pédieux mitoyen. La pointe postérieure de la selle dépasse les cupules et porte deux forts tendons à sa base ; des tendons s'échappent aussi du centre des cupules (α,α').

Comment s'unit le métathorax au prothorax ? Au moyen de deux cercles (*b*,*c*) qui n'ont de commun qu'une commissure supérieure (*o*) à la base du front, et une commissure latérale (*p*, *fig.* 5, 6). Au-dessus de cette commissure, le cercle postérieur porte une lame quadrilatère (*a*) convexe qui descend vers la ligne médiane de façon que les angles inférieurs soient très rapprochés. C'est encore la partie inférieure de ce cercle qui porte le pédicelle de la cupule antérieure ; elle forme en outre, sur la ligne médio-sternale, un épaississement (λ, *fig.* 6) qui s'enfonce entre les deux pattes mitoyennes. La portion correspondante du cercle antérieur

Digitized by Google

limite en arrière les pattes antérieures, mais là nous sommes dans le prothorax, en dehors de notre domaine. Pour les autres détails du sternum, examinons la *fig.* 5. Nous y voyons de fortes crêtes (S,S′) correspondant aux sillons externes, la fourche du stigmate *gg′* et les godets pariétaux (γ,γ', *fig.* 5, 6), formés et soutenus par la partie inféro-antérieure des flancs postérieurs et mitoyens.

Il nous reste à décrire la face inférieure du tergum (voir *fig.* 4). Le ressort antérieur présente sur son milieu une épine (u) recourbée en arrière : c'est l'apophyse *onguiculée*. Il se réunit au ressort postérieur par une surface dont la première partie (jusqu'au niveau du coude tergal) porte une plaquette échancrée (β) pour l'insertion des muscles élévateurs. En dehors de la surface se trouve une fosse fermée par la base de l'aile ; le fond en est en partie masqué par deux cupules situées, l'une en avant, l'autre en arrière de la crête pariétale ; la première (α) tournée en avant, la seconde (γ) en arrière, le pédicelle de la première laissant basculer le plan radial, le pédicelle de la seconde le plan cubital. Nous voyons beaucoup d'autres tendons s'insérant sur les parois de cette fosse ; leur étude viendra avec celle des muscles. Tout ce que nous disons du mésothorax peut s'appliquer au métathorax.

Muscles. — La *fig.* 11 nous montre une section transversale des principaux muscles, les *fig.* 12, 13, 14, 15 un aspect longitudinal, les *fig.* 16, 17 leurs insertions supérieures, la *fig.* 5 leurs insertions inférieures. Nous distinguons trois groupes de muscles : 1° un groupe élévateur ($\beta s x$, *fig.* 11, 16) ; 2° un groupe abaisseur pectoral ($\gamma l h i j k$) ; 3° un groupe abaisseur dorsal (q).

Groupe élévateur.— Le muscle β s'insère : 1° en haut sur la palette bien échancrée, en forme de lemniscate, palette déjà citée ; 2° en bas sur la selle. Il est donc dirigé de haut en bas, légèrement de dehors en dedans et d'arrière en avant. C'est un muscle élévateur, le *Sternali-dorsal.*

Digitized by Google

Le muscle (s), bien plus grêle, s'insère : 1° en haut, sur l'échancrure externe de la palette tergale (β, *fig.* 4, 16) ; 2° en bas, au-dessous du Sternali-dorsal. Nous pouvons le dénommer le *Petit élévateur*.

Le muscle (x) relie la palette tergale à l'extrémité de la crête pariétale S. Il complète l'action du Sternali-dorsal en diminuant la courbure du tergum : c'est l'*Élévateur transverse*.

Groupe Abaisseur pectoral.— On peut y distinguer un groupe antérieur (*Premier pectoral* et *Petit abaisseur antérieur*) destiné à agir sur la portion radiale de l'aile, et un groupe postérieur (*Deuxième pectoral*, *Abaisseurs moyens* et *Petits abaisseurs postérieurs*) destiné à agir sur la portion cubitale.

Le Premier pectoral (α) s'insère : 1° en bas, non sur une nervure, comme le dit Chabrier, mais sur une cupule pédicellée, située en avant de la selle (α, *fig.* 5) ; 2° en haut, sur la cupule elliptique antérieure (α, *fig.* 4), dont le pédicelle tire sur la nervure pro-radiale, entre le premier et le deuxième pivot. Le Petit élévateur (l) s'insère : 1° en haut, à côté de α; 2° en bas, sur la lame quadrilatère (a, *fig.* 6).

Le Second pectoral (γ) s'insère : 1° en haut, sur la cupule postérieure (γ, *fig.* 4), dont le pédicelle tire sur la nervure cubitale en arrière du troisième pivot; 2° en bas, sur le godet antéro-inférieur du flanc moyen (γ, *fig.* 5).

Les muscles h et i ou Abaisseurs moyens s'insèrent : 1° en haut, entre les deux branches de la bifurcation, sur la membrane qui sépare la tubérosité radiale de la tubérosité cubitale. Chabrier leur donne une insertion plus externe et en fait des Élévateurs : ce sont, pour nous, les Abaisseurs moyens ; 2° en bas, dans la hanche, de chaque côté d'une palette t (*fig.* 6), autour de laquelle tourne la patte d'avant en arrière, de haut en bas, de dehors en dedans.

Les petits Abaisseurs postérieurs (k, j, *fig.* 11) sont aussi grêles que les précédents et plus courts. Le plus en dehors k est le plus court ; il s'insère en bas sur une saillie du flanc moyen, au niveau du tiers supérieur ; il en est de même pour j, mais au

Digitized by Google

niveau du tiers inférieur (*j*, *fig.* 6). Ils s'insèrent tous les deux, en haut, au niveau du coude du ressort postérieur (g_1, *fig.* 16).

Groupe Abaisseur dorsal.—Il n'a pour représentant que le muscle (*q*, *fig.* 16, 17). Il s'insère en avant sur l'apophyse onguiculée *u*, en arrière, à côté et en dedans de la palette postérieure. Il est, par sa direction, analogue aux muscles dorsaux des autres insectes. Son homologue existe dans le deuxième segment alaire ; Chabrier l'a cherché en vain. Nous pouvons l'appeler le muscle *Dorsal.* — Citons encore le muscle *Fulcro-basilaire*, situé dans la base tibiale, qui sert à relier les deux portions de la base de l'aile et à brider leur écartement dans le maximum d'abaissement.

Nous pourrions faire pour les muscles de l'aile postérieure une explication semblable. La *fig.* 16 montre l'homodynamie des muscles au point de vue de leurs insertions supérieures et inférieures. Le Petit abaisseur antérieur (*l'*) s'insère en bas, sur la branche postérieure de la fourche du stigmate (*g'*, *fig.* 6). A la pointe même de la selle sternale s'insèrent deux paires de muscles qui se dirigent en arrière et en dehors, l'une en bas, l'autre en haut, pour s'appliquer sur le côté postérieur des flancs postérieurs. Ces muscles paraissent destinés à rétrécir ou dilater l'entrée du thorax (E, F, *fig.* 15).

Nous avons donc en tout 52 muscles. A la rigueur, les Pectoraux ($\alpha\gamma$) suffiraient pour déterminer une vibration complète. L'élasticité du tergum pourrait leur servir d'antagoniste. Le concours des autres muscles apporte la souplesse et la variété des angles d'incidence.

Nous avons fini la description anatomique des segments ailés de la Libellule. Ce sera pour nous un puissant levier dans la discussion qui va suivre.

Borelli [1], le premier, donne une théorie sur le vol. Elle peut se réduire aux propositions suivantes: 1° L'action de l'aile est comme celle d'un coin ; 2° L'aile consiste en deux portions : une portion antérieure rigide et une portion postérieure flexible ;

[1] Borelli ; De motu animalium; in 4°, 2 vol. Rome, 1680.

Digitized by Google

3° La flexion ascendante de la portion postérieure a pour résultat nécessaire un transport horizontal du corps de l'oiseau ; 4° Pour résister à la pesanteur, les ailes frappent verticalement en bas.

Les idées de Borelli ont été adoptées par la majorité des anatomistes suivants.

Chabrier[1], lui, ne se préoccupe nullement des détails qu'il a si soigneusement exposés pour en déduire la nature de l'incidence sur l'air : 1° Les muscles élévateurs cessant d'agir, les ressorts du tergum brusquement détendus et les muscles releveurs de l'abdomen donnent à l'animal une force centrifuge et élévatrice. Cette action est secondée par les muscles abaisseurs, qui, prenant un point fixe sur la base des ailes, attirent en haut le sternum ; 2° Les pectoraux cessant d'agir, les ailes sont remises en position verticale par l'abaissement du tergum et la contraction des élévateurs. Cette théorie est singulière en ce sens que les pectoraux sont considérés, non comme abaisseurs des ailes, mais comme élévateurs du sternum ; il n'y aurait pour les ailes qu'une période d'activité correspondant au coup ascendant ; pendant l'élévation du corps, l'aile serait passive. Petigrew lui reproche de négliger les muscles élévateurs ; mais, loin de les négliger, nous trouvons qu'il en a abusé.

Le duc d'Argyl[2], Owen[3], Macgillivray[4], Bishop[5], Liais[6] Girard, adoptent les idées de Borelli. Pour eux, l'aile frappe perpendiculairement vers le bas. L'anatomie de la Libellule nous montre au contraire la marge antérieure de l'aile se portant en avant en décrivant une courbe.

Strauss-Durkheim compare l'aile à une tige rigide suivie d'un voile ; il lui fait aussi frapper l'air perpendiculairement.

---

[1] Chabrier ; Essai sur le vol des insectes. (*Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, VI, VII, VIII.)

[2] Le duc d'Argyl, « Reign of Law » Good ivords, 1865.

[3] Owen ; Anatomie comparée.

[4] Macgillivray ; Oiseaux de la Grande-Bretagne.

[5] Bishop ; Art. *Mouvement*, de l'Encyclopédie d'Anatomie et de Physiologie.

[6] Liais ; Sur le vol des oiseaux et des insectes (*Annales des Sciences naturelles.*)

Digitized by Google

Enfin Marey[1], tout en apportant une analyse très minutieuse des mouvements de l'aile, ne nous donne pas une théorie nouvelle et différente de celle de Borelli. Il est sans doute préférable, entre une vérité ancienne et une erreur moderne, de choisir la première ; mais encore faut-il démontrer la vérité d'une façon irréfragable. Soit un carré de papier tenu obliquement dans l'air ; lâchons-le : il tombera en décrivant une courbe dans le sens de cette obliquité ; supposons que cette obliquité vienne à changer de sens, nous avons une chute dans une nouvelle direction. Ce fait exact nous paraît être la base de la théorie de M. Marey. L'aile, pour lui, se réduit à une tige flexible antérieure suivie d'un voile membraneux. Ceci posé, abaissons l'aile : par suite de l'inégale résistance à l'air de la tige et du voile, il se forme un plan incliné suivant lequel l'aile descend ; relevons l'aile : pour les mêmes motifs, il se forme un plan incliné de sens contraire, suivant lequel l'aile remonte. Un point quelconque de cette tige décrit une sinussoïde ; il suffit d'un abaissement et élévation alternatifs pour pousser l'aile en avant. La formation de courants de sens contraires peut déterminer celle d'une sinussoïde bouclée. Nous reviendrons du reste sur le 8 de chiffre en étudiant les osselets des hyménoptères. Déjà cependant, il nous semble que M. Marey n'a pas tenu assez compte des pièces de la base de l'aile et du tergum ; sans cela, il n'aurait pas donné à l'air une part si importante et à l'animal volant une part si minime.

Il est parfaitement exact que l'appareil musculaire peut, à la rigueur, se réduire à des muscles Élévateurs et à des muscles Abaisseurs, mais cela dans plusieurs directions obliques. De plus, l'anatomie de l'Æschna nous a montré une propulsion toute mécanique, due au jeu du tergum.

Il est encore exact qu'une partie de l'aile postérieure fuit en arrière dans le coup descendant ; mais quelle partie ? Il était important de le préciser. La partie postéro-supérieure seule fuit

[1] Marey ; La machine animale. Germer—Baillière, 1882.

Digitized by Google

et se tord suivant une ligne de résistance variable, suivant la nature et la vitesse de l'aile. Au contraire, la partie postéro-inférieure, le plan tibial, se porte en avant, prêt à recevoir la colonne d'air frappé et à s'appuyer sur elle. Il est exact qu'avec la théorie de M. Marey l'animal s'avancera; la sinussoïde qu'il décrira sera plutôt descendante qu'ascendante, son aile ayant trop peu de prise sur l'air frappé. Il est facile d'obtenir cette sinussoïde descendante chez un insecte voilier quelconque. Il suffit pour cela, avec de fins ciseaux, de détruire l'angle des plans radiaux et cubitaux. L'insecte peut alors s'avancer..., mais en tombant [1].

Petitgrew [2] a des idées très différentes de celles des auteurs précédents. Il tient compte de l'anatomie de la base de l'aile; de là, une théorie plus complète. Il attribue le transport horizontal: 1° à ce fait que les ailes, à la fois pendant l'élévation et l'abaissement, sautent en avant suivant des courbes qui, en s'unissant, forment une courbe ondulée continue; 2° à la construction des ailes (ce sont des vis ou hélices élastiques qui se tordent et se détordent quand elles sont mises en vibration, et tendent à porter en haut et en avant tout poids qui y est suspendu; 3° à la réaction de l'air sur les faces inférieures des ailes, qui agissent toujours comme des cerfs-volants; 4° à la force toujours variable qui pousse les ailes et qui est la plus grande au commencement du coup descendant, la plus petite à la fin du coup ascendant; 5° à la contraction des muscles volontaires et des ligaments élastiques; 6° à l'effet produit par les surfaces diversement inclinées, formées par les ailes durant leurs oscillations; 7° au poids du corps. Cette dernière force agit sur l'aile de la même façon que sur notre morceau de papier.

Examinons ces diverses propositions. Le n° 1° est exact et conforme à la structure du levier radial. Marey aussi donne la courbe ondulée; seulement il laisse à l'air la cause exclusive de sa formation, c'est-à dire de la propulsion; 2° La comparaison

[1] Note présentée à l'Académie des Sciences par le Dr Amans, avril 1883.

[2] Petitgrew; La Locomotion chez les animaux.

Digitized by Google

de l'aile à une hélice nous semble juste. L'étude de l'Æschna, du Bourdon et du Sirex, des Locustes, Criquets, etc., etc., ne nous laisse aucun doute à cet égard. La ressemblance est surtout frappante chez la grosse Sauterelle femelle de Saïgon. Les ailes antérieures, qui ne mesurent pas moins de 8 à 10 centim. de longueur, forment une surface gauche hélicoïdale très remarquable. Marey reproche à Petitgrew de se laisser entraîner par une simple apparence : « En admettant, dit-il, que l'aile pivote sur son axe, cette rotation se borne à une fraction de tour, puis est suivie d'une rotation de sens inverse, qui dans une hélice détruirait complètement l'effet produit par le mouvement précédent. » Ce n'est point une réfutation : notre vilebrequin ne travaille pas dans le bois, mais dans l'air. Notre hélice, dans le coup descendant, présente à l'air sa concavité, dans le coup ascendant sa convexité. Or, il résulte des expériences de Didion[1] que, si l'on fait mouvoir dans l'air une surface courbe dont la flèche est comprise entre le tiers et le quart de la largeur, la résistance, quand la convexité est tournée en avant, n'est que les 0,77 de celle qu'éprouverait une surface plane égale à la projection de la surface courbe perpendiculairement au mouvement ; tandis que lorsque c'est la concavité qui est en avant, la résistance est représentée par 1,94, celle de la surface plane étant 1. Par conséquent, le coup d'aile ascendant aura à lutter contre une force bien moindre que le coup descendant, et l'effet produit sera une propulsion suivant l'axe de l'animal.

3° La comparaison à un cerf-volant jure avec la précédente. Un cerf-volant est une surface rigide, un plan incliné tenu en équilibre par la tension d'une corde, la pesanteur et la résistance de l'air. Supposons un courant aérien dirigé contre la surface inférieure du plan incliné ; ce courant est nécessaire, sinon celui qui tient la corde est obligé d'en créer un, et alors nous entrons dans la première hypothèse. Dans ce cas, la résultante du poids et de la poussée aérienne est normale à la surface ; si le courant

[1] Didion ; Lois de la résistance de l'air sur les projectiles.

Digitized by Google

augmente d'intensité, le cerf-volant monte sur le grand cercle décrit avec la corde comme rayon ; s'il diminue d'intensité, le cerf-volant descend sur ce grand cercle, tend à devenir vertical et à tomber. Si on lâche de la corde, le cerf-volant monte poussé par une force normale dans le sens du rayon ; mais, tout en montant, il décrit une courbe plus basse que la direction de cette force, car il a aussi à lutter contre la pesanteur et la résistance de l'air supérieur.

On ne pourrait guère comparer ces phénomènes à ceux de l'aile que dans l'action de planer, car alors les ailes sont immobiles et forment une surface inclinée.

Les autres propositions se déduisent tout naturellement de la forme en hélice combinée avec l'action des muscles et le poids du corps.

En somme, la théorie de Petitgrew nous semble plus conforme à l'anatomie que celle de Marey. Pour mieux dire, il y a du vrai dans toutes les théories que nous avons examinées; et, d'un autre côté, toutes nous semblent pécher par la base de l'aile. Voici les réflexions que nous inspire l'Æschna.

1° *Coup descendant.* — Les Sternali-dorsaux cessant de se contracter, le tergum se détend brusquement; les Pectoraux se contractent, chacun suivant sa direction particulière, et ceci n'est pas indifférent, l'antérieur tirant beaucoup plus en avant. Sous l'influence des Pectoraux et de leurs satellites, le plan antérieur de l'aile est porté en avant et en bas, l'extrémité de l'aile décrivant un arc de grand cercle oblique par rapport à l'axe de l'animal, et venant s'appuyer dans l'espace au-delà du niveau de la tête. Une large commissure chitineuse ($\varphi\varphi'$, *fig.* 7, 8) indique le niveau du point d'appui ; c'est elle qui relie la nervure radiale à la nervure cubitale, c'est d'elle que part la ligne de moindre résistance. Cette ligne, qui a frappé M. Marey, existe réellement, mais dans la partie postéro-supérieure seulement, car le plan postérieur ou tibial, loin de s'échapper en arrière et en haut, se porte lui aussi en bas et en haut, mais moins vite en avant, à cause de la direction de son pectoral ; de plus, la portion tibiale

Digitized by Google

s'écarte un peu de la portion radiale à la fin du coup descendant, ce qui augmente la torsion de la base de l'aile. En résumé, l'aile s'enfonce comme une vrille dans l'air, s'empare de la colonne d'air frappé par son extrémité antérieure, la refoule graduellement vers le plan postérieur. L'extrémité de l'aile frappant l'air avec la plus grande vitesse, et par suite avec la plus grande intensité, se fixe dans l'espace pendant que la colonne d'air vient soulever l'animal par les aisselles et le projeter en haut et en avant.

2° *Coup ascendant.* — L'hélice se détord sous l'action du tergum et des Élévateurs; comme elle présente à l'air supérieur des surfaces convexes, sa force d'impulsion donnée par le coup descendant n'est pas sensiblement ralentie. L'animal a gagné du terrain et se prépare à recommencer.

Ailes artificielles. — C'est la morale obligée de toute étude sur le vol. Les ailes artificielles de Borelli, de Marey, sont conformes aux théories de leurs auteurs : une tige rigide suivie d'un voile membraneux. Les expériences de Marey sont très ingénieuses, surtout au point de vue de la transmission des forces au moyen d'un courant d'air comprimé. Il a réussi ainsi à faire tourner un appareil mobile autour d'un axe vertical; mais ce n'est pas là le cas d'un appareil véritablement aérien, et, dans ce cas, nous conservons des doutes sur l'efficacité de ses ailes.

Petitgrew a construit une aile ondulée spirale qui se tord et se détord pendant son action, pour former une vis ou une hélice mobile. L'aile peut être mise en mouvement par la vapeur à l'aide d'un piston à action directe. La marge antérieure de l'aile est formée par un roseau élastique courbé de haut en bas; à cette marge sont attachés des roseaux élastiques amincis qui rayonnent vers l'extrémité de l'aile et se courbent également de haut en bas. Ces derniers sont disposés de manière à donner à l'aile un certain degré de spiralité, les marges antérieures et postérieures étant disposées en divers plans de manière à paraître se croiser. L'aile est attachée au côté du cylindre et sa racine s'y meut dans une articulation en boule. Des chaînes mobiles

Digitized by Google

relient la base de la tige aux extrémités opposées du piston ; des cordes élastiques supérieures et inférieures aident à élever et à abaisser l'aile. On voit que l'auteur a senti la nécessité d'appliquer certaines substances élastiques à la base de l'aile et que cette base peut se mouvoir dans tous les sens, contrairement aux ailes de Marey. La surface de l'aile est aussi très différente ; étant convexe supérieurement, elle est plus efficace.

Petitgrew a donc tenu compte de ce fait, que l'aile véritable est une surface gauche hélicoïdale, à concavité inférieure, et dont la base se meut dans plusieurs plans verticaux. Mais est-ce tout ? Que signifie donc cette insertion spiralée de la base des ailes ?

Comme nous avons pris la peine de le démontrer pour l'Æschna, et comme nous le démontrerons pour les autres insectes, la base de l'aile forme une sorte d'angle dièdre ; les deux plans basculent en avant et en bas dans le coup descendant. L'air vient frapper le plan postérieur, où une nervure transversale munie d'un voile lui résiste. Chez les Hyménoptères et Orthoptères, une membrane fait suite au plan postérieur ; elle est fixée aux parois du corps, relie l'aile antérieure à la postérieure ; l'air s'y engouffre et la force de propulsion est augmentée. L'auteur anglais a négligé ce détail, qui doit avoir son importance, puisque nous le trouvons chez tous les insectes ; en le négligeant, il construit une base d'aile toute nue, exactement comme celle de Marey. La surface de l'aile a beau être hélicoïdale, nous ne voyons pas sa grande supériorité sur celle de Marey, car celle-ci devient aussi successivement tendue et détendue sous la résistance de l'air. L'aile ondulée peut, il est vrai, tourner dans tous les sens à la base ; mais là encore la direction de cette rotation est réglée uniquement par l'air, et ce n'est pas là le cas des insectes, dont la volonté est souveraine en pareille matière, du moins dans les diverses directions compatibles avec les muscles.

Si nous voulons reproduire cette volonté, tâchons au moins d'imiter ses instruments. Si nous avions à imiter l'Æschna, par exemple, nous commencerions par construire une carcasse

Digitized by Google

ovoïde, très allongée, en baudruche, soutenue par des cerceaux élastiques. Un des cerceaux pourrait nous servir à imiter la crête pectorale et sa bifurcation terminale. Notre aile se composerait de deux nervures : une tige flexible, amincie à l'extrémité, représenterait la nervure radiale ; une tige semblable, mais moins forte, représenterait la nervure tibiale.

Une membrane de baudruche ou de toute autre substance jugée préférable, sera tendue entre les deux nervures et en arrière de la seconde. Quelques nervures transversales me serviront à limiter la ligne de moindre résistance ; la baudruche ira en s'amincissant vers le bord postérieur. Je ne tordrai pas la surface de cette aile, mais j'en disposerai soigneusement les plans de la base, de manière à faire mon dièdre et son angle d'insertion.

Les bases de mes tiges seraient fixées : la première entre le premier et le second pivot, la seconde sur le troisième pivot par des articulations en boule. De petits bras de leviers se continuant en dessous et en avant, viendront s'articuler avec un dôme élastique fixé au plancher par deux cordes élastiques (les analogues des Sternali-dorsaux). Le second bras de levier de chaque tige serait saisi au-dessus des pivots par un moteur spécial. La direction du moteur, la topographie générale de la carcasse, seraient conformes autant que possible à la nature. Quant à la nature du moteur, nous nous adresserions à l'électricité. Un appareil très simple permettrait de réaliser les premières expériences. Supposons un Pectoral coupé transversalement, de manière que deux barreaux soient en regard au niveau de la section et susceptibles d'être alternativement attirés et repoussés. A chaque alternative correspondront une élévation et un abaissement des ailes ; le poids de la carcasse ne sera pas bien augmenté, puisqu'un simple fil le reliera au moteur. On pourrait ainsi faire une première série d'expériences dans lesquelles on analyserait les phénomènes du vol avec une incontestable supériorité de méthode. Nous n'avons tenu compte, comme moteurs, que des Pectoraux et des Sternali-dorsaux, mais les expériences nous montreraient la nécessité ou l'inutilité de telle autre pièce anatomique.

Digitized by Google

Une autre disposition encore plus simple : Tâchons simplement de réaliser le dôme élastique avec le mode d'articulations que nous avons décrit. Faisons mouvoir ce dôme par la méthode de Marey, c'est-à-dire par de l'air alternativement comprimé et dilaté.

Une machine électrique pourrait être aussi employée. L'expérience nous apprendra bientôt les meilleures dispositions à employer.

Nos idées, on le voit, ne sont pas basées sur une théorie proprement dite. Une théorie rationnelle sur le vol ne peut être formulée qu'après des dissections variées et de nombreuses expériences sur la résistance de l'air. Les lois de cette résistance sont encore dans la brume, et, quant à l'anatomie, nous n'oserions partir d'un seul type d'insecte pour lancer une théorie. Mais en attendant que la théorie arrive, nous avons l'Æschna sous la main : c'est peut-être l'insecte au vol le plus rapide ; le nombre de ses vibrations est de 28 à la seconde, sa vitesse n'est pas inférieure à celle de l'hirondelle. L'Æschna nous a révélé, non sa théorie, mais les détails de sa machine ; nos idées sont donc pratiques et peuvent être le point de départ d'expériences fécondes. Ce n'est point un idéal, mais c'est un premier pas à l'abri d'aussi nombreuses déceptions que celles des Henson, Strongfellow, Philips, Nadar, De La Landelle, Giffar, et autres chercheurs de navigation aérienne.

Fig. 1. Face supérieure et externe du premier segment alaire. *a* membrane située entre les deux branches du V ; *b* plate-forme ; c_1 premier pivot ; *d* ressort antérieur ; *e* partie convexe du tergum ; *f* coude tergal ; *g* ressort postérieur ; *i* dépression tergale ; *h* surface à trois bosses ; *k* homologue de la plate-forme ; R tubérosité radiale ; C tubérosité cubitale ; A B diamètre longitudinal de la tubérosité radiale. L'aile est représentée dans l'abaissement. On voit ses six nervures.

Fig. 2. Face supérieure et externe des segments alaires, les ailes en position de repos. *abc*, *de*F*gh*RC comme dans la *fig.* 1 ; *l* sillon de la plate-forme ; *o* crête frontale ; *m* niveau de la bifurcation

Digitized by Google

du sillon mésothoracique; *m'* niveau de la bifurcation métathoracique; *n* rainure longitudinale ou limite supérieure des flancs.

FIG. 3. Creux de l'aisselle de l'aile antérieure droite; *ablmnok* comme dans la *fig.* 1; S sillon mésothoracique; S' sillon métathoracique; $c_1 c_2 c_3$ premier, second et troisième pivots; *ss's''* saillies des nervures externes.

FIG. 4. Face supérieure et interne des segments alaires. β palette d'insertion du Sternali-dorsal; α cupule d'insertion du Premier pectoral; γ.... du Second pectoral; *uu'* apophyses onguiculées.

FIG. 5. Plancher sternal méso et métathoracique. *a* lame quadrilatère; *c* anneau prothoracique; *b* anneau métathoracique s'unissant au précédent en *o* et en ρ, c'est la porte d'entrée de la cage alifère; d_1 pointe antérieure; d_2 pointe postérieure de l'apophyse d'insertion du Sternali-dorsal; β surface de cette insertion; *i* son union avec la cloison qui sépare le cercle moyen des pattes du cercle postérieur; *gg'* fourche du stigmate; α cupule du premier Pectoral; α_1 son pédicelle; γ godet d'insertion du Second pectoral; *t* apophyse d'insertion des Abaisseurs moyens; *e* tendons des muscles Sternali-abdominaux; *h* limite inférieure des flancs postérieurs; *f* des flancs antérieurs; *p* cercle des pattes mitoyennes; *p'* des pattes postérieures; *ss'* stigmates.

FIG. 6. Autre aspect de la *fig.* 5, mêmes lettres, mêmes indications. Seulement, j'ai enlevé le squelette supra-sternal. Il ne reste alors que le stroma *q*, situé entre les cercles des pattes; l'anneau d'entrée *b* envoie une pointe médiane λ entre les deux cercles mitoyens.

FIG. 7. Aile antérieure. Comparer les lettres avec celles de la *fig.* 1. La nervure antérieure forme une sorte de sinussoïde à grand rayon de courbure. *xy* représente la ligne de moindre résistance à l'air; φ représente un épaississement chitineux, correspondant au point d'appui dans l'air; *v* est un petit voile attenant à la nervure postérieure.

FIG. 8. Aile postérieure. J'ai dessiné seulement la charpente de l'aile.

FIG. 9. Rapports approximatifs des têtes articulaires, l'aile étant au repos. Soit *xy* la ligne de terre, située dans un plan passant par les rainures longitudinales (*n fig.* 2); $c_1 c_2 c_3$ est une ligne idéale joignant les trois pivots; la ligne $d_1 f g_1$ représente à peu près les bords du tergum (voir *fig.* 1), elle passe par l'extrémité

Digitized by Google

du ressort antérieur, par le coude tergal et par le pliant du ressort postérieur. Cette figure montre les rapports à peu près exacts des têtes articulaires à l'état de repos.

FIG. 10. Position de la nervure antérieure avant et après l'abaissement. Soit *xy* la ligne de terre dans un plan horizontal passant par la plate-forme à (30° environ sur celui de la figure précédente); ABC est le commencement de la nervure antérieure; AB est le diamètre de la tubérosité radiale; M est une des branches du V; *x* est la pointe de la plate-forme.

FIG. 11. Section transversale des muscles du vol. α Premier pectoral; *l* Petit abaisseur antérieur; β Sternali-dorsal; *s* Petit élévateur; *hi* abaisseurs moyens; γ deuxième pectoral; *jk* petits abaisseurs postérieurs.

FIG. 12-13-14-15. Aspect longitudinal des mêmes muscles. La *fig.* 15 nous montre : 1° les muscles dorsaux *qq'* s'insérant aux apophyses unguiculées; 2° les muscles E et F constricteurs du flanc postérieur, c'est la limite postérieure du flanc postérieur métathoracique; T est la cloison médio-longitudinale du sternum.

FIG. 16. Insertions supérieures des muscles du vol. Outre les muscles de la *fig.* 11, nous voyons les muscles dorsaux *qq'* et les muscles transversaux *xx'*. Dans la *fig.* 17, nous pénétrons plus intimement dans le creux de l'aisselle. (Dans les deux figures, c'est le côté gauche qui est représenté; les lettres ont, du reste, la même signification que dans les figures 11, 12, 13, 14 et 15.

OBSERVATIONS

SUR

QUELQUES ANNÉLIDES DE L'ÉTANG DE THAU

Par M. H. ROBIN.

Le phénomène de la phosphorescence est extrêmement fréquent chez les Annélides Chétopodes et a été signalé par la plupart des auteurs qui se sont occupés de ce groupe; M. de Quatrefages

[1] Claparède rapporte cette espèce au genre *Syllides* d'Œrsted; mais, comme l'a récemment montré Langerhans, elle doit au contraire se placer dans le genre *Pionosyllis* de Malmgren. (Langerhans: Die Wurmfauna von Madeira — *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, XXX, 1879, pag. 543.)

Digitized by Google

et récemment M. Panceri l'ont étudié d'une manière spéciale. Pendant mon séjour à la Station zoologique maritime de Cette, où M. le professeur Sabatier a bien voulu me recevoir durant les mois de juillet et d'août derniers, j'en ai pu constater des exemples nombreux chez des types variés d'Annélides errantes ou même sédentaires. Je n'ai pas fait, au point de vue physiologique, d'observations nouvelles sur la production de la lumière ; je dois cependant faire remarquer que j'ai observé la phosphorescence chez des larves polytroques indéterminées avant que les tissus d'origine mésodermique soient différenciés, ce qui me paraît rendre peu probable la théorie qui attribue la production de lumière à la contraction musculaire.

Mais, tandis que la plupart des Annélides phosphorescentes sont relativement rares à Cette ou du moins isolées, il en est une qui, par son abondance, détermine la phosphorescence des rives de l'étang de Thau: c'est le *Pionosyllis pulligera*, brièvement décrit par Krohn [1], qui l'a trouvé à Villefranche, étudié depuis d'une façon plus complète par Claparède [2] à Port-Vendres. Outre la propriété d'émettre de la lumière, j'ai pu, grâce à l'abondance des matériaux, constater chez cette espèce quelques particularités anatomiques intéressantes, ce qui me détermine à en reprendre la description pour la compléter. J'y joindrai celle d'une autre Annélide de petite taille qui vit avec elle et présente les mêmes mœurs, et que je rapporte avec doute à la *Grubea limbata* de Claparède.

Ces deux espèces sont particulièrement abondantes dans l'étang de Thau, à l'extrémité de la jetée qui protège à l'est le chenal de la mer à l'étang. Pour se les procurer, il suffit de recueillir en cet endroit les feuilles de Zostères rejetées au rivage ou d'arracher les Ulves des rochers et de les agiter dans une cuvette de porcelaine au fond de laquelle on recueille les Annélides avec une pipette.

---

[1] Krohn ; Ueber *Syllis pulligera* eine neue Art. (*Archiv. für Naturgeschichte*, XVIII, 1852.)

[2] Claparède ; Glanures zootomiques parmi les Annélides de Port-Vendres. (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Genève*, XVII, 1864.)

Digitized by Google

Pionosyllis pulligera, Krohn.

La description et les figures que Krohn donne de cette espèce sont si imparfaites qu'il me paraît bien difficile de la reconnaître, et en donnant ce nom à l'espèce que j'ai observée, je ne prétends la rapporter qu'à celle décrite et figurée dans les *Glanures zootomiques* et identifiée par Claparède au type de Krohn.

La forme des palpes soudés dans leur tiers inférieur, divergents et étalés dans leur partie libre ; la longueur considérable, la forme irrégulière et vermiforme des antennes, de l'un des deux cirres tentaculaires et des cirres dorsaux ; la largeur et la brièveté du pharynx, sont des caractères indiqués ou figurés par Claparède et qui permettent bien de reconnaître l'espèce. Je n'ai cependant jamais remarqué l'alternance régulière de cirres plus longs et plus courts qu'indique Claparède. La longueur des cirres est très variable et paraît tenir à leur extrême fragilité, qui fait que chaque individu présente toujours de nombreux cirres en voie de rédintégration. Je n'ai non plus jamais trouvé, chez les individus adultes, plus de 22 à 24 segments, quoique, d'après Claparède, leur nombre chez les mâles soit de 24 à 28.

Outre deux taches pigmentaires, il existe quatre yeux, les deux yeux de chaque côté étant très rapprochés. Contrairement à l'assertion de Claparède, les yeux postérieurs sont pourvus d'un cristallin volumineux et dirigé en dehors ; ce cristallin est seulement plus enfoncé dans le pigment, et par conséquent moins visible que celui des yeux antérieurs.

Le fait le plus intéressant observé par Claparède est l'existence chez le mâle adulte, dans les segments antérieurs à ceux qui renferment les testicules, d'organes très différents constitués par la juxtaposition d'un grand nombre de tubes aveugles qui semblent partir tous d'un même point. Quoique tenant ces organes pour évidemment glanduleux, il a vainement cherché un canal excréteur s'ouvrant à l'extérieur. Pour le savant genévois, ces organes existent seulement dans les segments antérieurs à

Digitized by Google

ceux qui renferment les testicules, et sont les homologues de ces organes : il pense qu'il n'est pas improbable que ces organes doivent être considérés comme des organes segmentaires très modifiés, dont les testicules ne sont eux-mêmes que des transformations.

J'ai retrouvé ces organes, qui n'existent qu'à l'état adulte et probablement chez les mâles seuls, mais qui coexistent avec les testicules dans un grand nombre d'anneaux, quoique ne s'étendant pas aussi loin en arrière. Ce sont des organes à peu près sphériques ou un peu allongés dans le sens transversal, constitués, comme l'avait vu Claparède, par un grand nombre de cœcums qui divergent d'un même point. Mais en ce point il existe un pore assez large bordé par un bourrelet et ouvert à la partie antérieure et dorsale du parapode. Autour de ce pore, sur un espace assez étendu, le tégument est revêtu de cils vibratiles. L'organe est par conséquent une glande pédieuse. Elle ne peut être considérée comme homologue à un testicule, puisqu'elle se rencontre souvent dans un même segment avec un testicule bien constitué. Quant à l'hypothèse que ce serait un organe segmentaire modifié, je ne puis ni l'infirmer ni la confirmer : je n'ai pu trouver nulle part, dans le *Pionosyllis pulligera*, d'organes segmentaires vrais ; cependant la transformation serait très considérable si elle était vraie.

D'après Krohn et Claparède, la femelle porte ses œufs fixés sur le dos de deux en deux anneaux et les jeunes éclosent avec la forme Chétopode ; je n'ai pas observé de femelle à cet état, quoique j'en aie rencontré plusieurs dont les œufs contenus dans la cavité générale paraissaient mûrs, Les femelles étaient d'ailleurs beaucoup plus rares que les mâles

MM. Marion et Bobretzky [1] attribuent avec doute à cette espèce une Annélide du golfe de Marseille qui atteint une taille de 9 à 14^{mm} et possède jusqu'à 54 segments sétigères ; la trompe s'étend

[1] Marion et Bobretzky ; Annélides du golfe de Marseille. (*Ann. des Sc. nat.* 6e sér., II, 1875, pag. 31.)

Digitized by Google

jusqu'au onzième segment. Ces caractères me semblent devoir rendre l'assimilation impossible, et si l'espèce de Marseille est réellement un *Pionosyllis Syllides* (Clap.), c'est une espèce non décrite, à moins que ce ne soit le *P. divaricata* de Keferstein.

GRUBEA LIMBATA, Claparède.

La *Grubea* qui accompagne le *Pionosyllis pulligera*, quoique ressemblant beaucoup à la *Grubea limbata* de Claparède, s'écarte sur plusieurs points importants de la description de cet auteur, et ce n'est qu'avec doute que je la rapporte à la même espèce. Les différences les plus importantes sont le fait que l'anneau buccal est parfaitement distinct en dessus aussi bien qu'en dessous, et la direction du cristallin des yeux postérieurs tournée en dehors et non en arrière ; le corps, quoique plus allongé ($4^{mm},5$ au lieu de $3^{mm},5$), ne compte que 25 segments sétigères et non 27 chez les individus complètement adultes ; enfin la couleur est orangée ou rougeâtre. Le revêtement chitineux de la trompe est tantôt épaissi et crénelé à son bord libre, tantôt au contraire régulièrement aminci et comme tranchant, ce qui ne peut par conséquent pas fournir un caractère spécifique.

Le corps est sensiblement cylindrique, présentant partout, excepté à l'extrémité postérieure, un diamètre de 1/3 de millimètre. Les cirres dorsaux sont tous de même longueur, y compris celui du second segment. Chez les individus non adultes cependant, le dernier ou les deux derniers pieds en voie de développement sont différents des autres et ressemblent à ceux de la *Grubea fusifera* figurée par M. de Quatrefages[1] (il ne me paraît pas impossible que cette figure représente elle-même un individu incomplètement adulte). Le segment anal ne porte pas de soies, mais seulement deux cirres un peu plus allongés que ceux des anneaux sétigères.

La tête porte deux palpes soudés sur la ligne médiane dorsale

[1] De Quatrefages; *Histoire naturelle des Annelés*, pl. VII, *fig.* 16.

Digitized by Google

en un seul lobe à peine échancré à sa partie antérieure, écartés, au contraire, en une large gouttière à la face inférieure, et trois antennes, deux insérées sur les côtés et près du bord antérieur, et une médiane près du bord postérieur. Des six yeux, les deux antérieurs, simples taches pigmentaires allongées, sont placés près de la base des antennes paires ; les quatre autres, beaucoup plus grands et pourvus d'un cristallin cylindrique très saillant dans les yeux antérieurs, plus enfoncé dans le pigment dans les yeux postérieurs, sont situés plus en arrière.

Les antennes et les deux paires de tentacules portés par l'anneau buccal sont fusiformes, le renflement basilaire étant granuleux, l'extrémité au contraire limpide et transparente. Les cirres sont plus longs et régulièrement coniques, jamais moniliformes, uniformément granuleux.

Chaque pied est constitué par un lobe sétigère assez saillant, un grand cirre dorsal et un court cirre ventral conique. Les mouvements du lobe sétigère entraînent le cirre ventral, mais sont indépendants de ceux du cirre dorsal, sur lequel la rétraction complète du lobe sétigère n'a même pas d'influence. Chaque pied porte un faisceau de soies composées à article terminal en serpe à une seule pointe, de la forme ordinaire chez les Syllidiens ; le nombre de ces soies est en général de sept, quelquefois moins, et en arrière un fort acicule conique terminé en pointe mousse qui ne traverse pas la cuticule. Le follicule de l'acicule est très profondément situé, et à l'état de rétraction atteint presque la ligne médiane. Quoique ayant observé un grand nombre d'individus, je n'ai rien trouvé qui puisse rappeler les « faisceaux de longues soies capillaires dorsales » (*Pubertats-bortsten* de Langerhans), que Claparède à observées chez un mâle adulte. Dans des cas rares, il y a dans quelques-uns des pieds deux acicules au lieu d'un seul.

Le tube digestif ressemble à celui des autres *Grubea* et des Syllidiens d'une manière générale. Deux masses glandulaires jaunâtres, situées sur le côté de l'anneau buccal, paraissent déboucher sur le bord de l'orifice buccal et mériteraient le nom de

Digitized by Google

glandes labiales ou de glandes salivaires, à plus juste titre que les organes qui sont d'ordinaire désignés ainsi. La trompe qui occupe les trois premiers segments est colorée par un pigment rougeâtre (dans un individu, je l'ai trouvé d'un beau vert de Bonelli foncé), interrompu sur une étroite bande annulaire vers son tiers postérieur, et tapissée d'une épaisse cuticule réfringente et souvent renflée et crénelée à son bord libre ; quelquefois, au contraire, mince et comme tranchante. Un stylet médian, situé à quelque distance en arrière du bord libre de la trompe, constitue toute l'armature buccale. Une couche glandulaire assez épaisse revêt extérieurement la trompe et verse le produit de sa sécrétion dans sa gaine. Puis vient un proventicule ou gésier à parois musculo-glanduleuses extrêmement épaisses, présentant environ vingt bandes de glandules et occupant deux segments et demi. Le ventricule est très court et reçoit les produits de secrétion de deux glandes arrondies (glandes salivaires de M. de Quatrefages) et fait place à un intestin tapissé d'une couché hépatique brune et peu étranglé au niveau des lignes interannulaires. L'intestin urinaire de Claparède, dont la couleur jaune-clair tranche avec la couleur brune de l'intestin biliaire, occupe les trois derniers segments.

Comme M. de Quatrefages l'avait signalé chez la *Grubea fusifera*, il existe dans cette espèce un vaisseau dorsal assez gros et très net. J'ai pu m'assurer que ce vaisseau, au moins dans la partie antérieure du corps, donne dans chaque anneau une branche de chaque côté. En avant, il se bifurque en deux branches qui descendent latéralement dans l'anneau buccal et forment une sorte de collier à la gaine de la trompe. Malheureusement, l'opacité de l'intestin, jointe à l'extrême transparence du vaisseau dorsal, que l'on ne distingue guère dans cette région que par ses contractions, ne m'a pas permis d'observer sa terminaison postérieure. Les éléments du sang ne paraissent d'ailleurs pas différer de ceux du fluide périviscéral, et il est possible que les deux systèmes communiquent entre eux.

Je n'ai pas observé l'apparition des produits sexuels ; en voie

Digitized by Google

de développement, ils remplissent la cavité générale dans toute la portion postérieure du corps en arrière du huitième segment.

La femelle, comme M. de Quatrefages l'a déjà observé chez la *Grubea fusifera*, porte les œufs fixés à la partie dorsale de la base de ses pieds par un court pédoncule réfringent. En général, il y a sur chaque pied un seul œuf, rarement deux ; dans ce cas, les œufs sont aplatis sur la face adjacente par compression réciproque et les pédoncules sont accolés. Le pédoncule paraît adhérer à l'orifice par lequel les œufs ont été expulsés. L'opacité des œufs ne permet pas de suivre le développement.

De même que chez le *Pionosyllis pulligera* et les autres espèces qui portent ainsi leurs œufs, les jeunes naissent avec la forme Chétopode et ne passent pas par une forme larvaire. A la sortie de l'œuf, le jeune présente une tête bien développée, mais non distincte de l'anneau buccal, un premier segment apode tranchant sur le reste du corps par son aspect granuleux, trois segments pourvus de pieds sétigères et un segment anal. La tête présente déjà les trois antennes et les deux paires d'yeux à cristallin, mais non les taches pigmentaires. En arrière des yeux, sur les côtés, on observe deux dépressions bien limitées et tapissées de cils vibratiles analogues aux fossettes ciliées des Némertiens. M. de Quatrefages signale des organes semblables chez la *Grubea fusifera* adulte, mais il m'a été impossible de les retrouver à l'état adulte dans l'espèce de Cette. Le segment buccal indistinct et le segment opaque et granuleux qui lui fait suite, sont dépourvus d'appendices. Au contraire, les trois segments qui suivent possèdent des pieds pourvus de soies avec un cirre dorsal qui ne dépasse pas la longueur du lobe sétigère ; enfin le segment anal apode porte deux cirres un peu plus longs que les cirres dorsaux des pieds.

La trompe n'est pas encore constituée.

La *Grubea* n'a pas de générations alternantes.

(Extrait du *Bulletin de la Société philomathique de Paris*.)

Digitized by Google

LES CHROMATOPHORES DES ALGUES

Par Fr. SCHMITZ.

Recherches comparées sur la structure et le développement des corps chlorophylliens et des corps colorés analogues chez les Algues.

(*Suite et fin.*— Voir le numéro de mars 1883.)

Division des chromatophores. — L'accroissement des chromatophores est généralement limité. Il se continue longtemps, puis s'arrête simplement ou bien se termine par la bipartition. Dans les cellules végétatives qui s'accroissent rapidement, il y a alternance régulière des deux phénomènes, pour le chromatophore comme pour la cellule elle-même. Mais dans celles qui deviennent des cellules durables ou qui se transforment en cellules reproductrices, l'alternance de l'accroissement et de la division devient irrégulière ; tantôt l'une, tantôt l'autre, prend le dessus, jusqu'à ce qu'enfin, par la transformation en cellules durables, tout processus s'arrête. A la reprise de la végétation, l'alternance redevient régulière.

Cette division est le plus souvent une bipartition, rarement une multipartition. Dans les deux cas, la division est tantôt égale, tantôt inégale.

Le processus de la division varie chez les diverses algues ; tous les cas particuliers peuvent cependant se ramener aisément à deux types principaux qui se répètent partout sous des formes plus ou moins modifiées.

Le procédé le plus simple est l'étranglement. Le chromatophore s'allonge plus ou moins. Au moment de la division, un sillon annulaire apparaît à la surface externe ; d'abord peu profond, ce sillon s'accentue de plus en plus. Le chromatophore subit ainsi un étranglement progressif, et l'isthme qui réunit ses deux moitiés se rétrécissant toujours davantage, devient un mince filament (*fig.* 21,[9]) qui se partage en deux ; les deux

Digitized by Google

moitiés du chromatophore se séparent et s'éloignent plus ou moins. Le rétrécissement peut conserver sa longueur primitive jusqu'à la fin de la division ; il arrive aussi qu'il prend la forme d'un filament diversement allongé et délié qui réunit plus ou moins longtemps les deux moitiés en voie de séparation, jusqu'à ce que, s'étant rompu en un point quelconque, la division soit consommée.

Tandis que dans ce mode de division la substance du chromatophore primitif en voie de bipartition se rétrécit en un filament étroit qui se rompt ensuite, le second type est essentiellement caractérisé par la séparation du chromatophore sans contraction préalable. Le chromatophore, sur le point de se diviser, s'allonge un peu perpendiculairement au plan de division. Sa substance, jusqu'alors finement réticulée, offre des rayures longitudinales plus ou moins apparentes et, par suite de la fusion plus ou moins complète des fibrilles étirées du réseau, se montre formée, tantôt d'un petit nombre de fibres, tantôt d'un grand nombre de fibrilles déliées et parallèles ; dans certains cas cette structure rayée est trop fine pour pouvoir être aperçue à l'aide des moyens actuellement à notre disposition. Ces fibres grosses ou fines s'étirent plus ou moins pendant la séparation des deux moitiés, et, se rompant plus ou moins tardivement, amènent la division complète du chromatophore ; ou bien l'on voit, par l'observation directe, une division simultanée et uniforme du chromatophore, sans qu'il ait été possible de reconnaître le phénomène dans tous ses détails.

Dans le dernier cas, les deux portions ont, après la division, leur face de séparation entièrement unie. Dans le premier cas, au contraire, les fibrilles parallèles s'étirent plus ou moins avant la division, et ensuite le bord des deux moitiés séparées du chromatophore paraît dentelé par les extrémités plus ou moins longues des fibrilles. Des fibrilles de protoplasma hyalin s'attachent très souvent à ces dentelures (*fig.* 15).

La différence entre les deux modes de division consiste essentiellement en ce que, dans le premier cas, la substance du chro-

Digitized by Google

matophore primitif se rétrécit en un seul cordon épais, pour se partager ensuite, tandis que dans le second cas elle se différencie, soit en nombreuses fibres relativement épaisses, soit en un très grand nombre de fibrilles déliées qui se divisent finalement à la manière du cordon unique.

Ces deux procédés de division se combinent très diversement l'un avec l'autre. A côté de l'étranglement et de la fragmentation typiques, on trouve les formes les plus variées de la division avec le mélange des deux types. Il arrive aussi, assez fréquemment, qu'au moment où la division va avoir lieu, il se produit à la surface du chromatophore un rétrécissement annulaire qui n'arrive pas jusqu'à l'étranglement; mais, le second type intervenant alors, la fragmentation s'accomplit, autant que mes observations me permettent de l'affirmer; ce mode de division est le plus fréquent pour les petits chromatophores discoïdes. Dans d'autres cas, le retrécissement annulaire est assez prononcé lorsque la fragmentation s'opère. Ailleurs (dans les grands chromatophores discoïdes) il se forme une fragmentation locale, limitée d'abord à la formation d'une fissure; celle-ci s'élargit ensuite en une brèche plus ou moins grande, et ce n'est que plus tard que la séparation des deux moitiés achève la division du chromatophore.

A côté de ces combinaisons variées de l'étranglement et de la fragmentation, l'on voit fréquemment et très généralement les chromatophores des mêmes algues se diviser, tantôt suivant l'un, tantôt suivant l'autre de ces deux types. Dans certains cas, l'un des procédés de division prédomine si bien qu'il paraît quelquefois exclusif; mais chez la plupart des algues on trouve réunis les procédés les plus variés, soit qu'ils se produisent simultanément dans la même cellule, soit qu'ils se succèdent dans les diverses phases de la vie de cette cellule, soit enfin qu'ils soient répandus dans les diverses cellules de la même plante.

Dans les cas même où l'une des formes de la division paraît dominer exclusivement, il serait possible, en s'y appliquant avec persévérance, de trouver des formes aberrantes.

Digitized by Google

Dans le cours de cette division, chaque faisceau de filaments et de fibrilles s'allonge assez jusqu'au moment de sa séparation complète, ainsi que je l'ai déjà dit. Il en résulte que les fragments du chromatophore s'étirent en pointes plus ou moins longues, ou bien leur bord paraît garni de dentelures plus ou moins saillantes. Les pointes et les dentelures qu'offre la substance colorée du chromatophore sont fréquemment, une fois la division accomplie, reliées par des fibrilles denses de protoplasma hyalin, et plus tard les fibrilles leur restent même adhérentes (*fig.* 15). Je n'ai pu me convaincre que ces fibrilles hyalines tirent leur origine de la substance du chromatophore ; peut être sont-elles produites par les prolongements colorés des filaments et des fibrilles. Il me paraît plus simple de n'y voir que des fibrilles denses du protoplasma ambiant, fibrilles qui offrent précisément les mêmes caractères que celles que l'on voit souvent s'insérer à la surface du noyau.

Il faut ajouter quelques détails à cette description générale de la division du chromatophore.

Les petits chromatophores discoïdes qui existent dans la majorité des algues unicellulaires, s'allongent un peu et subissent en leur milieu un léger rétrécissement annulaire.

Cette première phase de la division se retrouve très-fréquemment chez les Biddulphiées (*Biddulphia*, *Triceratium*, *Amphitetras*, *Amphipentas*) et chez les autres Bacillariacées, chez les *Microspora*, *Botrydium*, *Vaucheria* et autres Chlorophycées ; on l'observe encore chez un grand nombre de Phæophycées (*Fucus*, *Haligenia*, *Elachistea*, etc.) et chez beaucoup de Floridées (*Callithamnion*, *Spermothamnion*, *Griffithsia*, *Bornetia*, *Nitophyllum*, etc.). A ce retrécissement succède parfois un étranglement complet ; mais le plus souvent la division du chromatophore se termine par la scission brusque du retrécissement ; le bord des deux moitiés séparées se montre, tantôt garni de dentelures plus ou moins évidentes (très apparentes chez les *Botrydium*), tantôt entièrement lisse (la plupart des Floridées). Les deux nouveaux chromatophores ainsi produits atteignent bientôt

Digitized by Google

la dimension du chromatophore primitif et s'éloignent l'un de l'autre.

A ces petits chromatophores discoïdes, il faut joindre les chromatophores allongés ou rubanés qui se divisent en segments égaux ou inégaux. On en trouve chez beaucoup de Phæophycées (*Ectocarpus*) et aussi chez beaucoup d'espèces de Floridées. Chez ces plantes, la division se fait en général plutôt par étranglement que par scission, et l'on voit par exemple, dans les grandes cellules internodales des *Ceramium*, toutes les phases de la division du chromatophore avec un retrécissement plus ou moins allongé.

La division s'opère de la même façon chez ces chromatophores lorsqu'ils renferment plus de pyrénoïdes ou d'amas d'amidon : ils s'étranglent peu à peu transversalement, et l'ensemble des pyrénoïdes et des amas d'amidon se divise en deux parts qui se répartissent chacune dans un des fragments du chromatophore. Ce processus s'observe chez les *Urospora*, *Mesocarpus*, *Spirogyra*, etc.

Le phénomène de la division se complique chez les grands chromatophores discoïdes, qu'ils aient des pyrénoïdes ou amas d'amidon, ou qu'ils en soient dépourvus. Ici également il se forme une fissure au milieu du chromatophore sans amener de division (*Œdogonium*, *Draparnaldia*). Au commencement de la division, de telles fentes prennent naissance par une fissure locale et limitée du chromatophore ; puis ces fissures s'étendent et se confondent avec les sillons plus ou moins profonds produits par le retrécissement de la surface des disques ; les chromatophores arrivent ainsi à prendre des formes très élégantes, par exemple dans les cellules caulinaires du *Draparnaldia glomerata*, chez beaucoup d'espèces d'*Œdogonium*, etc., tandis que des exemples plus simples d'une telle conformation se retrouvent chez beaucoup de Bacillariacées (*Pinnularia viridis*, d'après Pfitzer).

Chez les Siphonocladées, la division des chromatophores s'accomplit d'une manière un peu différente, selon qu'il s'agit de la bipartition des petits disques subanguleux ou de la multipartition

Digitized by Google

des grands disques chlorophylliens que ces végétaux renferment. C'est dans le premier cas que le mode de division est le plus conforme au développement typique (*Valonia*, *Chætomorpha*). Sans qu'il y ait eu au préalable un étranglement annulaire, la substance du chromatophore paraît, dans le cours de la division, étirée en un certain nombre de filaments courts et parallèles. Ceux-ci s'allongent encore un peu, puis se rompent successivement ; les fragments pourvus d'un bord dentelé s'éloignent alors l'un de l'autre, restant seulement réunis par d'épaisses fibrilles protoplasmiques qui partent de chacune des denticulations (*fig.* 15).

Il arrive encore assez souvent, en particulier dans les cellules âgées pourvues d'une couche chlorophyllienne interrompue et réticulée, qu'une partie de la substance du chromatophore se rétrécit en un ou plusieurs filaments épais et se sépare plus ou moins ; ces filaments se rompent ensuite et laissent le fragment détaché pouvu de dents aiguës. S'agit-il au contraire de la multipartition des grands disques chlorophylliens, ainsi qu'on la trouve de loin en loin, quand les chromatophores ont cessé de se diviser, dans les cellules des Siphonocladées, des fissures simultanées tou successives se produisent dans toutes les directions et découpent les disques en gros fragments dissemblables. Toutes ces fissures laissent voir les bords finements dentelés des fragments, ainsi qu'on l'a vu à propos de la bipartition des petits disques. Dans tous ces cas, la division du chromatophore se fait indépendamment des amas d'amidon qu'il renferme et sans les intéresser en aucune manière ; seulement, d'après le sens de la division, ils échoient à l'un ou l'autre des fragments.

Les phases de la division se passent essentiellement comme dans les cas précédents, pour les chromatophores qui possèdent un seul pyrénoïde médian ou un seul amas d'amidon, même s'il y a quelque différence extérieure. La principale différence que l'on trouve ici consiste en ce que la division du chromatophore est précédée de la division du pyrénoïde, c'est-à-dire de l'amas d'amidon. Cette dernière division est souvent accomplie lorsque l'étranglement marginal du chromatophore commence (*Tetraspora*

Digitized by Google

lubrica), ou bien l'étranglement est déjà sensible avant que la division du pyrénoïde soit terminée (*Gonium tetras*, d'après Cohn). Dans les deux cas, la division du pyrénoïde, c'est-à-dire de l'amas d'amidon, coïncide régulièrement avec celle du chromatophore : ces deux phénomènes ne sont pas seulement simultanés, mais sont dans une dépendance mutuelle plus ou moins étroite, sans que cela amène de déviation essentielle dans le mode de division primitif.

Il en est de même dans la bipartition des chromatophores étoilés, qu'il s'agisse d'un simple étranglement ou d'une séparation complète. Le chromatophore se divise d'abord par le milieu, après quoi l'on voit se multiplier les prolongements étoilés des deux moitiés (*Zygnema*) par le dédoublement longitudinal des rayons préexistants (comme on l'observe très bien dans les corps étoilés de *Licmophora flabellata*) ; dans d'autres cas, c'est le nombre des rayons qui augmente en premier lieu par division du bord, c'est-à-dire par une formation nouvelle de prolongements étoilés, puis le chromatophore se partage transversalement (*Cosmarium*, *Staurastrum* et autres Desmidiées) ; enfin il est des cas où la même division partage d'abord les prolongements rubanés du chromatophore, puis le chromatophore lui-même. L'existence de pyrénoïdes et d'amas d'amidon complique dans tous ces cas la marche de la division, mais d'une manière identique à celle que nous avons décrite à propos des chromatophores discoïdes, et sans que cela exige une mention particulière des détails.

On trouve chez un grand nombre d'Algues les modes les plus variés de division des chromatophores et les conformations les plus irrégulières se mêlent aux formes les plus régulières. Les cellules tubulaires des *Vaucheria* en fournissent des exemples : on y trouve assez souvent, au milieu des petits disques chlorophylliens plus ou moins allongés, des chromatophores de forme très étirée ou étranglée çà et là, à la suite d'une division prolongée ou incomplète ; d'autres fois, par suite d'un accroissement rapide de l'isthme qui réunit les deux moitiés séparées par

Digitized by Google

l'étranglement, les chromatophores sont pourvus de longues pointes.

Les longues cellules tubuleuses du *Bryopsis plumosa* (*fig.* 21), et particulièrement leur portion caulinaire, offrent au contraire des formes très variables. Leurs petits mais épais chromatophores discoïdes sont tantôt ovales, tantôt fusiformes, et contiennent régulièrement un seul pyrénoïde avec ou sans enveloppe amylacée. Fréquemment, la division de ces corps se fait simplement par une scission médiane et transversale, pendant que le pyrénoïde se partage en deux portions égales, soit en même temps, soit un peu plus tôt (*fig.* 21[4]). Mais, très fréquemment aussi, j'ai vu les chromatophores se multiplier de la manière suivante : il se forme d'abord près de l'une des extrémités un faible étranglement annulaire, puis le petit fragment s'accroît, et lorsqu'il a atteint la dimension du grand, il s'en sépare par scission (*fig.* 21, [3],[4],[5], [6],[7]). Le pyrénoïde se divise d'ordinaire peu avant cette séparation (rarement de meilleure heure) en deux portions inégales (*fig.* 21, [5],[6],[7]); la plus petite se rend dans le petit fragment du chromatophore et se sépare avec lui. On observe assez fréquemment que l'étranglement se produit avec beaucoup de lenteur à l'extrémité du chromatophore, tandis que l'éloignement des deux parties fait allonger toujours davantage l'isthme qui les unit et le réduit à l'état de filament mince ; à la fin, les deux fragments sont terminés par une extrémité longuement atténuée, ou bien ils restent réunis par un cordon assez long (*fig.* 21, [9]). Dans d'autres cas (dans les vieilles tiges en particulier), tout le chromatophore se transforme par un allongement continu en un long corps fusiforme, terminé en pointe aux deux extrémités; en même temps, le pyrénoïde unique qu'il renferme se partage, par divisions répétées, en deux, trois ou même quatre pyrénoïdes ou amas d'amidon qui produisent autant de renflements locaux dans le chromatophore.

On observe des variations de même nature dans la division des chromatophores de beaucoup d'autres algues ; il en résulte le développement de formes très diverses (*Ceramium*, *Polysipho-*

Digitized by Google

nia, etc.) Aussi dois-je laisser ici de côté l'énumération détaillée de toutes les formes isolées que présente l'histoire des diverses Algues.

Les phénomènes décrits à propos de la bipartition égale ou inégale vont se reproduire dans la division du chromatophore en plus de deux fragments. Elle se fait en partie par un simple étranglement du bord du chromatophore primitif qui le divise en plusieurs articles, en partie aussi par le concours de fissures et de déchirures qui se rattache au type de la scission.

La multipartition s'observe assez rarement dans les cellules végétatives des algues. On ne la trouve dans le cours normal de l'accroissement, d'après mes propres observations, que dans les grands disques chlorophylliens que nous avons vus exister parfois dans les cellules des Siphonocladées. Il peut arriver exceptionnellement et rarement du reste (cellules allongées des Siphonées) que les fragments du chromatophore commencent à se diviser de nouveau avant que la première division soit terminée (*fig.* 21, *). J'ai vu au contraire à plusieurs reprises, chez les Floridées conservées en culture (notamment chez les *Polysiphonia*), que les rubans chlorophylliens étroits de leurs cellules âgées se réduisaient en un grand nombre de petits disques empilés, dont la présence donne aux cellules un aspect extérieur tout particulier. Dans ce cas, la division est évidemment la conséquence de ce changement dans l'aspect extérieur et s'éloigne du cours normal du développement.

La multipartition des chromatophores est un phénomène fréquent dans la formation des cellules reproductrices (zoospores), aux dépens d'une cellule mère renfermant un ou plusieurs grands chromatophores. De la bipartition régulière et répétée des chromatophores sans accroissement des fragments produits (*Ulothrix zonata*), on passe, par tous les intermédiaires, à la multipartition simultanée des chromatophores (*Urospora mirabilis*, cellules d'*Ulva*), de même que dans le phénomène de la division cellulaire chez les diverses espèces d'Algues l'on observe tous les passages entre la bipartition répétée et la multipartition simultanée de la cellule.

Digitized by Google

Lorsque les chromatophores possèdent un seul pyrénoïde ou un seul amas d'amidon, les divisions successives de ces deux corps se succèdent très étroitement, ainsi qu'on l'a vu. La fragmentation du pyrénoïde n'est alors que la préface de la division du chromatophore. Je ne suis pas éloigné de croire que le premier phénomène n'est pas seulement l'avant-coureur du dernier, mais aussi qu'il en est la cause efficiente ; de même qu'en présence du fait analogue de la coïncidence de la division du noyau et du protoplasma cellulaires, on a été amené à penser et on pense aujourd'hui que le noyau ne prépare pas seulement la division cellulaire, mais qu'il la produit ; que le noyau est, en un mot, l'organe spécial de la multiplication de la cellule. Cette interprétation est en complète contradiction avec ce qui a lieu dans les chromatophores pourvus de plusieurs pyrénoïdes : ici la division du chromatophore est entièrement indépendante de la division des pyrénoïdes. Mais ce qui montre dans les deux cas que la signification des pyrénoïdes est la même, c'est que l'on trouve des formes d'algues chez lesquelles les individus jeunes ont dans leurs cellules isolées un seul chromotophore pourvu d'un unique pyrénoïde, tandis que les individus plus développés possèdent des chromatophores à deux pyrénoïdes et davantage (*Ulothrix zonata*).

Si les pyrénoïdes nus ou enveloppés d'amidon ne peuvent être considérés comme la cause efficiente de la division des chromatophores, on peut se demander, en retournant la proposition, si la division des pyrénoïdes est produite par l'influence des chromatophores. Cette question se lie étroitement à celle qui a été posée précédemment (pag. 336) à savoir : si le pyrénoïde est formé ou non de substance vivante, et naturellement, dans ce dernier cas, si sa division est purement passive et produite par la substance qui l'environne. Cette dernière question, pas plus que la précédente, ne peut être décidée sûrement à l'aide des faits connus jusqu'ici. Mais les faits connus se concilient également bien avec cette supposition, que le pyrénoïde renferme en lui-même l'impulsion nécessaire à sa division ; comme avec cette seconde

Digitized by Google

supposition, que la substance ambiante du chromatophore influe sur le pyrénoïde vivant pour l'amener à une division active ; et aussi avec cette dernière, que le pyrénoïde, dépourvu de vitalité propre, est simplement divisé par la substance du chromatophore.

On peut aussi se demander si la division du chromatophore lui-même est produite par l'activité de sa substance propre ou par l'influence du protoplasme cellulaire qui l'entoure. Les deux suppositions sont fondées. Tandis que le fait, observé chez les *Chlamydomonas* et autres algues semblables, de la division du chromatophore à la suite de la division de la cellule plaide en faveur de la dernière interprétation, la fragmentation répétée des chromatophores sans division apparente du protoplasme dans les grandes cellules des Characées, Siphonées, etc., fait plutôt supposer une multiplication indépendante et active des chromatophores. Mais les deux raisons alléguées n'ont, comme on le voit aisément, aucune valeur démonstrative absolue. Il en est de même des autres raisons que l'on a pu déduire de temps à autre des faits en question : un auteur isolé peut, grâce à elles, considérer comme plausible l'une ou l'autre interprétation, mais elles ne lui fournissent aucune preuve certaine. Dans ces circonstances, il est certainement plus convenable de s'arrêter provisoirement aux faits accessibles et de considérer simplement la multiplication du chromatophore par division comme l'expression de l'activité vitale que l'on voit se manifester dans toute l'étendue de la cellule, sans s'occuper à rechercher si la cause la plus prochaine de ce phénomène est dans le chromatophore lui-même ou dans le protoplasma ambiant. Il me paraît d'ailleurs très vraisemblable de supposer que la masse entière de la cellule vivante (protoplasma, noyau et chromatophores) forme un tout doué d'activité vitale, dont les diverses parties fonctionnent comme organes du tout et non comme des corps différents et agissant indépendamment les uns des autres.

Naissance des chromatophores. — On ne trouve dans les

Digitized by Google

cellules des algues aucun mode de multiplication des chromatophores autre que celui que j'ai décrit dans les chapitres précédents.

Cette affirmation contredit ce que l'on trouve aujourd'hui dans les manuels sur la reproduction des corps chlorophylliens, à savoir : que dans beaucoup de cas ces corps naissent du protoplasma de la cellule. Des recherches comparatives très étendues m'ont démontré que ces données reposent sur des erreurs, au moins en ce qui concerne les algues. Ici la multiplication des chromatophores est toujours une division, jamais une formation nouvelle. Ce fait sera mieux démontré par quelques exemples.

Dans les cellules végétatives colorées des thalles articulés, l'observation la plus superficielle prouve déjà que les chromatophores se multiplient par division. Il n'y a pas la moindre preuve en faveur de la formation nouvelle. Il en est ainsi et sans exception pour toutes les cellules végétatives des filaments de *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Microspora*, *Conferva*, *Chætomorpha*, *Urospora*, *Ulothrix*, *Schizogonium*, *Hyalotheca*, etc., des *Bangia*, *Erythrotrichia*, etc. ; pour les *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Callithamnion*, etc. ; cela est aussi vrai pour les thalles des *Coleochæte*, *Ulva*, *Monostroma*, *Anadyomene*, *Dictyota*, *Cuttleria*, *Nitophyllum*, *Delesseria*, etc. ; il en est de même pour les thalles épais, multicellulaires, des *Fucus*, *Chorda*, *Laminaria*, *Polysiphonia*, *Laurencia*, etc., etc.

Il est plus malaisé de décider la question en ce qui concerne les cellules incolores qui forment le thalle de nombreuses algues. Il faut ici bien distinguer les diverses parties du thalle qui peuvent être incolores.

Et d'abord, les parties profondes du corps des Algues à thalle épais apparaissent presque incolores ou entièrement hyalines, comme chez beaucoup de Floridées et de Phæophycées. Or, par une recherche attentive, on peut voir que les cellules de ces régions hyalines du thalle renferment des chromatophores très faiblement colorés ou presque incolores, qui échappent à une observation superficielle grâce à leurs faibles dimensions et à leur

Digitized by Google

nombre très restreint dans des cellules distantes les unes des autres (par exemple dans l'intérieur de la tige des *Haligenia bulbosa*, *Bifurcaria tuberculata*, etc.). Les chromatophores incolores se comportent du reste comme ceux qui appartiennent aux cellules des parties colorées du thalle et se multiplient comme eux par division. Quand un nouveau développement commence dans ces parties incolores du thalle, les nouveaux filaments cellulaires (filaments cellulaires secondaires qui sont si répandus dans les algues à thalle épais) bourgeonnent, ou bien des bourgeonnements et des ramifications prennent de nouveau naissance dans le sein du thalle ; en même temps, les chromatophores subissent de nombreuses divisions, se colorent vivement et donnent ainsi aux jeunes tissus nouvellement formés l'aspect des autres parties du thalle. Dans les parties âgées du thalle qui ont perdu leur couleur et dont les cellules ne sont plus susceptibles d'accroissement, l'on chercherait en vain des chromatophores en voie de formation, puisque les anciens ont péri : il ne se forme ici pas plus de nouveaux chromatophores que de nouvelles cellules.

Il en est de même des poils hyalins qui couvrent plus ou moins abondamment le thalle d'un grand nombre d'algues. Malgré le manque de coloration qui paraît les caractériser, certains de ces poils renferment des chromatophores colorés, visibles par un fort grossissement, bien que dans certains cas leur coloration puisse être plus faible que dans le reste du thalle (par exemple dans les longs poils des filaments rameux des *Chætophora*, *Draparnaldia*, *Ectocarpus*, *Elachistea*, etc.). Dans d'autres cas, les chromatophores sont pendant l'accroissement de ces poils encore moins colorés, et il est à la fin impossible de les distinguer (par exemple dans les poils du conceptacle du *Fucus vesiculosus*). Dans d'autres cas enfin, notamment dans les poils isolés si généralement répandus sur le thalle des Floridées, on ne peut reconnaître clairement des chromatophores que dans les premières phases du développement de ces cellules ; il arrive même qu'on ne puisse les reconnaître avec certitude, tandis que dans les poils entièrement développés on ne les trouve plus (*Batrachospermum*,

Digitized by Google

Nemalion, *Helminthocladia*, *Helminthora*, *Callithamnion*, etc.). On ne trouve jamais de formation nouvelle de chromatophores dans ces poils.

Les rhizoïdes hyalins des algues offrent les mêmes différences que les poils. Dans certains de ces organes, les chromatophores disparaissent complètement. Dans un grand nombre, les chromatophores persistent dans les cellules isolées. L'intensité de la coloration des chromatophores diminue encore ici pendant le développement des rhizoïdes; les chromatophores s'amincissent, se retrécissent et deviennent même presque invisibles, mais ils existent pourtant et offrent, par une recherche attentive, un corps réellement différencié (beaucoup de Floridées). Ils conservent surtout la faculté de s'accroître à nouveau, de former de la matière colorante, et de se multiplier par division quand la cellule elle-même vient à former un système radiculaire, comme cela a lieu si fréquemment chez les grandes algues (Siphonocladées, Phæophycées et Floridées). Je n'ai jamais vu de ramifications se produire chez les rhizoïdes qui ne renferment pas de chromatophores.

L'étude du méristème offre plus de difficultés. Si les cellules du méristème sont colorées, il n'est pas difficile de prouver que les chromatophores se forment par division (*Batrachospermum*, *Callithamnion*, *Griffithsia*, *Monospora*, *Sphacelaria*, *Halopteris*, *Dictyota*, *Castagnea*, *Cladophora*, *Draparnaldia*, etc.). Mais dans les méristèmes hyalins, il est difficile de décider de quelle manière se forment les chromatophores des jeunes cellules provenant du méristème, et une recherche incomplète pourrait faire croire momentanément qu'il y a formation nouvelle.

Mais une recherche attentive à l'aide de grossissements plus forts conduit à des résultats tout différents. Dans quelques cas, on peut démontrer aussi dans les plus jeunes cellules du méristème la présence de chromatophores différenciés, qui sont, il est vrai, petits et faiblement colorés, mais qui s'accroissent et se multiplient comme ceux des parties âgées du thalle (*Ceramium*, *Helminthora*, etc.). Mais ailleurs, l'observation des chromatophores presque incolores ou entièrement incolores contenus dans les cel-

Digitized by Google

lules du méristème, devient très difficile et exige l'emploi des plus forts grossissements et une grande attention dans le maniement de la vis micrométrique du microscope.

Les Characées à méristème complètement hyalin m'ont offert sous ce rapport la plus grande difficulté. J'ai longtemps cherché en vain des chromatophores bien définis et clairement reconnaissables dans les cellules terminales, quand je croyais même les apercevoir (*Chara*, *Nitella*, *Tolypella*). Je suis enfin parvenu à reconnaître, d'abord chez le *Chara fœtida*, qu'il existe, dans la couche protoplasmique des cellules terminales, des chromatophores disciformes, bien définis malgré leur faible dimension : ils sont d'ordinaire extrêmement peu colorés; j'ai pu ainsi me convaincre que le méristème des Characées contient des chromatophores tout formés, quoique extrêmement difficiles à distinguer.

Le fait de la présence constante, dans les méristèmes des algues, de chromatophores tout formés, bien que les cellules soient tout à fait incolores, permet de donner une explication simple de la naissance des chromatophores colorés dans les parties âgées du thalle. Ceux-ci proviennent des premiers par une division répétée, en même temps que leur coloration devient de plus en plus foncée. Mais rien ne vient encore à l'appui de la formation nouvelle.

Cette règle que les chromatophores des tissus jeunes diffèrent toujours des chromatophores adultes, lesquels étaient eux-mêmes peu apparents et presque incolores lorsqu'ils faisaient partie d'un méristème hyalin, ne s'applique pas seulement aux cellules terminales des thalles en voie d'accroissement, mais encore aux amas cambiaux qui, chez les algues, sont répandus dans les parties âgées du thalle. On en trouve un exemple dans les cellules des jeunes nemathécies du *Polyides rotundus*, qui sont entièment hyalines au début ; mais une recherche approfondie montre clairement que ces cellules à peine visibles, minces, contiennent des chromatophores hyalins ; ceux-ci, par la culture des plantes, ne tardent pas à se colorer plus ou moins et à devenir distincts. En

Digitized by Google

général, quand les tissus colorés proviennent d'un méristème hyalin, leurs chromatophores colorés naissent des chromatophores incolores du méristème, dans quelque partie du thalle où ce dernier soit placé. Toutes mes recherches ont confirmé cette proposition.

Ce qui se passe dans les cellules tubuleuses des Siphonées, des Dasycladées et des Siphonocladées, vient compléter les données précédentes sur la présence de chromatophores dans les cellules des méristèmes. Dans toutes les espèces de ces groupes que j'ai pu étudier avec soin (*Caulerpa*, *Bryopsis*, *Derbesia*, *Codium*, *Udotea*, *Halimeda*, *Vaucheria*, *Botrydium*, *Dasycladus*, *Valonia*, *Siphonocladus*), j'ai vu aisément qu'il n'y a jamais de formation libre dans l'extrémité en voie d'accroissement des cellules tubuleuses, que les chromatophores y existent au contraire toujours, et que ceux-ci engendrent par division et multiplication répétées la masse entière des chromatophores du thalle. On peut encore démontrer la présence, dans les rhizoïdes plus ou moins hyalins de ces algues, de chromatophores isolés, malgré la faible coloration et même la transparence qui les rendent presque invisibles : ceux-ci sont, à n'en pas douter, lorsque les rhizoïdes se ramifient à nouveau, la source des chromatophores colorés de ces nouvelles formations.

Il n'y a donc, dans les parties végétatives du thalle des algues, aucune preuve en faveur de la formation nouvelle des chromatophores.

Je dois m'appesantir maintenant sur les cellules reproductrices et les cellules durables des algues, notamment sur les espèces au sujet desquelles la littérature scientifique renferme de nombreuses données, car les résultats de mes observations ne concordent pas avec elles. J'examinerai d'abord les cellules durables qui n'ont pas une origine sexuelle.

La formation de cellules et de tissus durables est très répandue chez les algues et a lieu suivant des procédés qui varient dans les divers groupes. A côté des spores durables ou des œufs qui se forment, isolés ou en grande quantité, dans des parties déter-

Digitized by Google

minées du thalle (*Tetraspora*, *Eudorina*, *Draparnaldia Stigeoclonium*), il se produit fréquemment des propagules multicellulaires (caractéristiques chez le *Sphacelaria tribuloïdes* et, d'après Solms, chez le *Melobesia callitamnioïdes*) ; en outre, des cellules isolées du thalle ou des fragments assez grands (*Zygnema*, *Cladophora*), voire même des morceaux entiers du corps végétatif, peuvent se transformer en organes durables. Ces organes sont diversement construits suivant leur destination.

Toutes ces formations durables, malgré la différence de leur origine, présentent ce caractère commun, que pendant leur production les chromatophores s'accroissent et se multiplient si vivement qu'ils occupent la plus grande partie de la cellule, à laquelle ils communiquent une couleur beaucoup plus foncée qu'auparavant. Les chromatophores se disposent en une couche pariétale continue (cellules palmelloïdes de *Stigeoclonium*), dont la structure est extrêmement difficile à reconnaître, et donnent à la cellule un aspect tel qu'on la croirait remplie de protoplasma uniformément coloré.

Les cellules durables, au moment de leur formation, accumulant en elles une grande quantité de matières nutritives et d'autres substances. Mais les cellules durables adultes offrent des différences individuelles suivant qu'elles sont organisées pour un long temps de repos et d'inactivité (comme chez la plupart des algues marines qui n'ont pas à redouter une complète dessiccation), ou qu'elles sont armées pour supporter une complète dessiccation (comme chez la plupart des algues d'eau douce et chez les algues marines, qui habitent à la limite supérieure des flots). Dans le premier cas, la disposition primitive du contenu est à peine changée, sa structure est aussi facile à déterminer ; dans le second cas, non seulement la structure interne est très modifiée, mais l'aspect de la cellule est changé par la formation d'une membrane épaisse, colorée, en partie subérisée ou cuticularisée.

Toutefois les cellules durables se ressemblent sur un point : leurs chromatophores restent indépendants et bien délimités,

Digitized by Google

mais sont recouverts et cachés par une grande quantité de gouttelettes d'huile, de graisse et de grains mucilagineux.

Il est très simple de considérer ces cellules durables comme des cellules dormantes ou des bourgeons dormants détachés du thalle de la plante-mère, ou comme des portions du tissu qui entrent dans une période de repos (comme cela se voit très souvent chez les algues marines brunes et rouges, et assez souvent chez les algues vertes, telles que *Anadyomene, Valonia*, etc.). Le phénomène est si facile à constater chez les algues marines qu'il ne vaut pas la peine d'en donner des exemples spéciaux.

Les cellules durables des Bacillariacées d'eau douce montrent les chromatophores entièrement intacts. Au moment de la transformation en cellules durables, il se fait dans la cellule une telle accumulation de matières grasses réfringentes, réduites à l'état de gouttelettes ou de masses globuleuses, que sa cavité en est presque remplie; les chromatophores et le noyau restent avec leur disposition première et sont toujours faciles à reconnaître. Tantôt la membrane cellulaire n'éprouve aucune modification; tantôt la cellule, avant d'entrer en repos, forme à l'intérieur de la double membrane primitive une ou plusieurs enveloppes et s'entoure ainsi parfois d'une épaisse cuirasse au-dessous de la première enveloppe.

Le phénomène est tout différent chez les algues d'eau douce, et en particulier chez les Chlorophycées. Dans beaucoup de cas il est vrai (*Cladophora*), une courte recherche permet de reconnaître que, dans les cellules durables, les chromatophores ont été conservés. Il arrive aussi (*Cladophora fracta*) quelquefois qu'une production abondante de grains d'amidon dans les chromatophores et de gouttes de matières grasse, ainsi que de grains mucilagineux entre eux, rend difficile à reconnaître la forme propre de ces chromatophores. Il en est de même dans les vieilles cultures et les accumulations de *Spirogyra*, *Œdogonium*, etc... Mais il ne s'agit ici que de cellules durables destinées à un long repos et non de celles qui doivent supporter la dessiccation. Chez celles-ci, il se produit d'une part, vers l'intérieur, une enveloppe formée d'une

Digitized by Google

membrane à plusieurs assises, en partie au moins cuticularisées; d'autre part, l'on voit s'accumuler entre les chromatophores une grande quantité de gouttelettes réfringentes de matières grasses, plus ou moins grosses, plus ou moins colorées; les grains d'amidon qui s'étaient formés, au début, dans le sein des chromatophores sont employés en grande partie ou même en totalité.

Les gouttelettes grasses naissent ensemble dans l'intérieur du protoplasma (soit dans la couche pariétale, soit dans les trabécules), et non pas dans le suc cellulaire, pas plus que dans les chromatophores; leur présence en si grande quantité augmente les masses protoplasmiques à un tel point qu'elles finissent par se toucher et se souder, oblitérant ainsi fréquemment la cavité cellulaire. Pendant ce temps, les chromatophores, se décolorant en partie, contractent et épaississent leur masse; non seulement ils restent à l'état de corps indépendants dans l'intérieur de la masse grossièrement granuleuse de la cellule, mais leurs pyrénoïdes mêmes restent clairement reconnaissables.

La cellule durable adulte est d'ordinaire entièrement remplie de protoplasma; les gouttes réfringentes de matière grasse y sont distribuées en grand nombre; entre elles se trouvent les chromatophores avec le noyau groupés comme à l'origine, quelquefois seulement un peu rétrécis et plus ou moins décolorés, et renfermant dans certains cas des grains d'amidon isolés. Cette masse protoplasmique grossièrement granuleuse, et par là très peu transparente, est enveloppée à l'extérieur d'une membrane élégamment sculptée, formée de plusieurs couches, et colorée; celle-ci contribue encore à augmenter l'opacité de la cellule durable.

Une recherche comparée, faite avec soin sur des cellules durables fraîches ou traitées par les réactifs (les plus convenables sont l'alcool ou l'acide picrique dans l'huile éthérée ou l'acide picrique dans l'hydrate de chloral) permet de reconnaître clairement la structure décrite et de suivre, quand cela est possible, le développement de ces cellules, comme je l'ai fait pour celles des *Zygnema*, *Eudorina elegans*, *Tetraspora lubrica*, *Draparnaldia glomerata*. Les Zygnema en particulier, grâce à la forme caractéristique de

Digitized by Google

leurs chromatophores, laissent voir aisément, à l'état adulte, la structure précédente.

Parmi ces formations durables asexuées, les formes uni ou pauci-cellulaires, qui sont distribuées d'une manière régulièrement répétée dans des parties fixes et caractéristiques du thalle (*Vaucheria geminata*, *Monospora*), sont désignées du nom de spores asexuées, tandis que les autres se distinguent par les noms de bourgeons ou germes dormants, sans que l'on puisse établir de limites précises et absolues entre les deux.

Aux premières, il faut joindre les carpospores des Floridées, qui sont distribués de la même manière sur le corps fructifère de ces algues ; il faut distinguer au contraire les spores asexuées dépourvues de poils qui naissent en plus grand nombre dans l'intérieur d'une cellule mère, comme les tétraspores des Floridées et des Dictyotées, les petites spores du *Phyllosiphon Arisari*. Il y a encore d'ordinaire dans ces cellules sexuées une grande quantité de gouttes réfringentes de matière grasse qui cachent la forme des chromatophores et celle du noyau. Mais les chromatophores n'en sont pas moins conservés avec leur forme définie et leur coloration intense.

La plupart des algues brunes et vertes possèdent des cellules reproductrices asexuées mobiles, c'est-à-dire des zoospores. Il en est de ces zoospores comme des corps reproducteurs immobiles : ils contiennent des chromatophores définis et indépendants. Mais il est en général difficile de les distinguer comme corps indépendants. La masse entière du protoplasma est très condensée et réduite à la plus petite surface possible, afin de rendre aussi faible qu'il se peut la quantité de matière nécessaire pour former les organes mobiles.

Les chromatophores sont aussi très étroitement serrés les uns contre les autres, mais leur forme primitive n'est pas beaucoup changée. L'observation du développement permet de suivre le phénomène du resserrement des chromatophores et de constater qu'il n'y a jamais dissolution des chromatophores primitifs, que ceux-ci au contraire prennent part au moins en partie à la for-

Digitized by Google

mation des zoospores. Par cette observation, l'on peut encore reconnaître que les pyrénoïdes, quand ils existent, se conservent dans les zoospores, mais sont difficiles à observer ; en outre, que l'amidon qui remplissait le chromatophore s'est dissous et qu'il n'est resté parfois qu'une petite quantité de grains amylacés dans l'enveloppe du pyrénoïde, plus rarement dans les autres parties du chromatophore.

Ces données sont basées sur un grand nombre de recherches comparées faites sur le développement des zoospores des algues vertes et brunes. J'ai suivi de près la formation des zoospores dans la plupart des groupes de Phæophycées et de Chlorophycées, et obtenu toujours le résultat énoncé plus haut, malgré les assertions contraires de tous les auteurs ; aussi je ne pense pas qu'il faille généraliser ce résultat et l'étendre à la formation des zoospores de toutes les algues. Je crois inutile de donner une description précise du phénomène dans chacun des groupes d'algues vertes et brunes ; je crois seulement devoir faire mention des quelques formes chez lesquelles les résultats énoncés peuvent être facilement observés et précisés. Ce sont, parmi les algues vertes, les genres *Ulothrix*, *Urospora*, *Microspora*, *Œdogonium*, *Cladophora*, *Chœtophora*, *Vaucheria sessilis*, etc., et les genres *Ectocarpus*, *Chorda*, *Scytosiphon*, *Laminaria*, etc., parmi les algues brunes.

Les cellules reproductrices sexuées des algues fournissent un résultat tout à fait analogue à celui que nous avons obtenu avec les cellules asexuées mobiles ou immobiles. Elles se rapprochent de celles-ci au point de vue des rapports morphologiques du développement et de l'aspect extérieur, et l'on ne peut aucunement les en distinguer au point de vue de la conformation. La même concordance se montre dans la disposition des chromatophores à l'intérieur de la cellule.

Chez les algues dont les cellules de l'un et de l'autre sexe sont semblablement conformées, représentent des isogamètes, les chromatophores se comportent de la même manière que dans les cellules asexuées. Ils se conservent toujours intacts, ainsi que les

Digitized by Google

pyrénoïdes, tandis que les grains d'amidon diminuent ou même se dissolvent en entier. C'est ce que l'on observe très clairement dans les cellules sexuées des Conjuguées, Desmidiées et Bacillariées, et fréquemment dans les zoospores sexués des *Cladophora*, *Ulothrix*, etc... Seulement il arrive parfois que dans les zoospores sexués (*Botrydium granulatum*), les chromatophores sont recouverts et cachés par des grains muqueux rouges. Souvent aussi le protoplasma de ces cellules se contracte et s'épaissit tellement que les chromatophores se rapprochent les une des autres et ne laissent plus distinguer leurs limites propres (*Achnanthes*, *Cocconema*).

Mais une observation attentive du développement permet de voir que les chromatophores de la cellule mère ne se dissolvent jamais, mais qu'ils prennent part directement ou après une division préalable, à la formation de la cellule sexuée.

La plupart des algues possèdent des cellules sexuées de formes différentes et de conformation variée suivant les plantes considérées. Et d'abord, les cellules mâles se comportent diversement. Quelquefois, là notamment où la différence entre les cellules sexuées n'est pas très tranchée, les chromatophores se ressemblent, comme chez les Isogamètes, et ne sont pas modifiés (*Scytosiphon tomentarium*). Si la différence, s'accroît, les chromatophores des cellules mâles tendent à s'amoindrir, leur couleur diminue d'intensité (*Bryopsis*) ; ils prennent assez souvent une coloration vert-jaunâtre, et fréquemment ils sont cachés par une masse plus ou moins grande de grains mucilagineux orangés.

Dans d'autres cas, les chromatophores des cellules adultes sont entièrement invisibles. C'est ainsi que j'ai vu dans les sporanges mâles du *Fucus vesiculosus*, au début de leur développement, une grande quantité de petits chromatophoses disciformes bien formés. Dans la suite, le nombre des noyaux s'était accru par des bipartitions répétées, la couleur des chromatophores s'était affaiblie, et eux-mêmes étaient difficilement reconnaissables. Enfin, comme cela arrive dans les sporanges asexuées du *Laminaria digitata* et d'autres Phæosporées, les chromatophores et les noyaux, après la fragmentation du protoplasme de la cellule

Digitized by Google

mère, se sont groupés par paires dans les cellules filles. Pendant le cours de la division du protoplasma, on pouvait encore reconnaître dans quelques cas rares un seul chromatophore dans chaque anthérozoïde presque incolore.

Après l'apparition du petit point rouge oculiforme qui caractérise les zoospores mâles (ainsi que tous les autres zoospores des Phæophycées), je ne pouvais plus en général distinguer le chromatophore, soit qu'il fût masqué par l'éclat et la réfringence de la ponctuation rouge, soit qu'il eût perdu ses limites, ce qui me paraît vraisemblable.

Les chromatophores des autres algues brunes, distincts au début de la formation des cellules mâles, ne peuvent plus se reconnaître dans les anthérozoïdes adultes.

Les jeunes sporanges mâles du *Dictyota* renferment des chromatophores très nets, dont la présence leur donne une couleur brun-jaunâtre ; je n'ai pu les retrouver dans les spermaties entièrement incolores.

La réduction des chromatophores va bien plus loin dans le développement des cellules mâles, qui en sont privées dès le début de leur formation. C'est le cas des anthérozoïdes des Characées.

Les anthéridies de ces plantes, dans leurs premiers états formés de 1 à 4 cellules hyalines, m'ont offert des chromatophores incolores, bien délimités (mais grâce seulement à une recherche minutieuse et à l'emploi des plus forts grossissements). Mais dans l'intérieur des anthéridies adultes, les filaments cellulaires qui renferment en dernier lieu les anthérozoïdes m'ont toujours paru dépourvus de chromatophores ; je n'ai pu non plus distinguer ces derniers dans les cellules de ces filaments, qui continuaient à se multiplier par division. Je n'ai rien trouvé que l'on pût rapporter à un chromatophore dans les anthérozoïdes qui se forment aux dépens de la masse entière de la cellule, le noyau excepté, et ne laissent ainsi aucune place pour un chromatophore.

C'est de la même manière que, d'après mes observations, les anthérozoïdes de *Vaucheria* prennent naissance, mais sans que

Digitized by Google

les chromatophores y soient intéressés. Les nombreux noyaux que renferment les cellules-anthéridies de ces algues accroissent peu à peu leur substance (ainsi que cela a lieu d'ordinaire dans les cellules sexuées), en s'entourant d'une grande partie du protoplasma ambiant, et forment ainsi des cellules anthérozoïdes particulières au milieu du plasma cellulaire, renfermant les chromatophores.

Aussi ne trouve-t-on jamais de chromatophores dans les anthérozoïdes devenus libres.

Les spermaties des Floridées ne renferment pas davantage de chromatophores. Chez toutes les Floridées où j'ai pu suivre attentivement le développement des spermaties, les cellules mâles étaient, dès leur naissance, complètement incolores. Leur protoplasma, tantôt dépourvu de vacuoles (*Batrachospermum*), tantôt possédant une grande vacuole centrale (*Polysiphonia atrorubescens*), laissait voir, à part quelques petits grains réfringents, un seul gros noyau sphérique ; on ne pouvait jamais reconnaître dans ces cellules quoi que ce fût qui pût être rapporté à un chromatophore.

Les cellules mâles des Floridées sont non seulement privées de chromatophores à l'époque de leur maturité sexuelle, mais elles en sont même dépourvues dès leur origine, tandis que les cellules qui les supportent en possèdent toujours dans toutes les anthéridies de Floridées que j'ai étudiées.

Tandis que dans les cellules mâles la réduction progressive des chromatophores s'accompagne de différenciations spécifiques, les cellules femelles conservent toujours leurs corps chlorophylliens, bien que les organes femelles aient un développement spécifique propre, d'autant que l'on attribue moins d'importance à la conservation de la couleur (qui a à peine besoin de fonctionner au moment de la fructification).

Les formes les plus simples des cellules femelles se rattachent étroitement aux formes des Isogomètes, et, comme elles, laissent constater aisément leurs chromatophores colorés (*Ectocarpus*, *Scytosiphon*) ; il faut y joindre les cas où les cellules femelles

Digitized by Google

grandes sont fortement colorées et remplies de granulations : chez elles, la contraction de la masse protoplasmique est telle, qu'il n'y a qu'une comparaison de tout le développement qui puisse faire reconnaître la conservation des chromatophores primitifs, malgré leur rapprochement étroit. Dans ce cas, il y a une masse si grande de gouttelettes grasses réfringentes dans la substance protoplasmique qui entoure les chromatophores, que ceux-ci sont cachés et méconnaissables.

Une recherche plus attentive permet, non seulement de reconnaître la présence des chromatophores, mais même celle de leurs pyrénoïdes, et parfois de l'enveloppe amylacée de ces derniers ; ces chromatophores sont beaucoup plus colorés que ceux des cellules végétatives, en sorte que la couleur des cellules femelles est accrue. On peut rattacher à ce groupe les cellules femelles des *Œdogonium*, *Volvox*, *Coleochæte*, *Vaucheria*, *Fucus*, *Cutleria*, *Dictyota*, *Bangia*, *Porphyra*.

A la coloration foncée des cellules femelles des algues brunes et de la plupart des algues vertes, il faut opposer la décoloration complète des cellules femelles des Characées, c'est-à-dire de la cellule centrale du bourgeon sporigène. J'ai pu, grâce à une recherche minutieuse et à l'emploi de très forts grossissements, reconnaître dans la couche protoplasmique pariétale de cette cellule centrale, dès l'apparition des grains d'amidon, de petits chromatophores incolores et disciformes. Ceux-ci sont bientôt cachés et rendus invisibles par l'accumulation considérable des grains d'amidon dans la cellule. Mais l'observation précédente des premières phases du développement montre que, chez les Characées, des chromatophores prennent part à la formation de la cellule femelle.

Les Floridées montrent un rapport intime entre leur mode de fructification et la manière dont elles se comportent. Chez les unes, la cellule femelle ou trichogyne se transforme elle-même en fruit ; chez d'autres, elle se combine avec des cellules accessoires particulières, cellules carpogènes, pour donner le fruit ; chez d'autres enfin, l'influence de la fécondation se fait sentir sur les cellules

Digitized by Google

carpogènes qui se développent en fruit. Dans le premier cas, j'ai vu dans les espèces étudiées avec soin (*Nemalion multifidum*, *Helminthocladia purpurea*) les chromatophores entièrement cantonnés dans la partie inférieure du trichogyne et renfermant un gros pyrénoïde, tandis que chez le *Batrachospermum moniliforme* les chromatophores étaient présents, mais difficiles à distinguer. Dans le second cas, je n'ai pu encore décider s'il y a ou s'il n'y a pas de chromatophores dans la partie inférieure du trichogyne (*Polyides rotundus*) ; jusqu'à présent, je n'en ai pas vu. Dans le dernier cas, je dois contester absolument, d'après les exemples que j'ai étudiés (*Callithamnion corymbosum*), la présence de chromatophores dans le trichogyne. Les cellules carpogènes, au contraire, qui jouent le rôle de cellules femelles et se développent en fruit, renferment toujours des chromatophores évidents, quoique toujours incolores.

On trouve également dans les cellules femelles des algues formées à la manière ordinaire, les chromatophores, tantôt colorés, tantôt incolores, mais toujours sous forme de corps différenciés. Dans l'acte de la fécondation, chez toutes les algues, les deux cellules femelles différenciées, semblables ou différentes, se confondent en une seule cellule. Le noyau de l'une se réunit au noyau de l'autre ; les deux protoplasmas se fondent en un seul corps qui entoure les chromatophores des deux cellules primitives. Dans le cas où la cellule mâle ne renferme pas de chromatophores, tous ceux que renferme la cellule fécondée proviennent de la cellule femelle. Mais si la cellule mâle en possède, ou si les deux cellules reproductrices sont semblables, les chromatophores de la première s'associent à ceux de la cellule femelle et forment par leur réunion l'ensemble des chromatophores de la cellule-œuf. Dans ce cas, ils sont distribués et groupés dans l'œuf dans un ordre précis ; ils sont fréquemment serrés les uns contre les autres ou masqués par des gouttelettes réfringentes.

Dans quelques cas, on peut constater dans l'œuf fécondé une fusion des chromatophores. Chez les espèces de *Spirogyra* à une seule spire, les deux rubans chlorophylliens des cellules sexuées

Digitized by Google

se soudent l'un à la suite de l'autre dans la zygospore, formant ainsi un seul ruban spiralé et soudant leurs deux extrémités en un ruban continu. Il en est de même dans la zygospore des *Epithemia*, où les deux chromatophores, en forme de ruban plan, se fusionnent bout à bout en une seule plaque chlorophyllienne. Ailleurs, on ne trouve pas dans l'œuf fécondé une telle réunion des chromatophores, comme on peut le démontrer dans les zygospores des *Zygnema*, qui contiennent toujours quatre corps chlorophylliens étoilés. Les cellules copulatrices du *Monostroma bullosum* m'ont toujours montré, aussi longtemps que je les ai observées, les deux chromatophores des deux cellules copulées entièrement séparés, comme on peut le lire dans le Traité de Reinke. Berthold mentionne le même fait pour les zygospores des *Ectocarpus siliquosus* et *Scytosiphon tomentarium*, tandis que tous les autres auteurs passent cette question sous silence.

Les cellules fécondées se développent ensuite : tantôt elles donnent une nouvelle plante ou un nouveau corps cellulaire, comme cela se passe d'ordinaire (Fucacées, Cutleriacées, Dictyotées, Floridées, Bangiacées), tantôt se préparent à subir un temps de repos plus ou moins long, se transformant directement ou après quelques segmentations en spores durables. Dans le premier cas, pendant que l'œuf s'accroît et se divise progressivement, les chromatophores eux-mêmes subissent un accroissement et une multiplication successives, comme c'est l'usage dans les cellules végétatives. Dans le second cas, au contraire, l'œuf fécondé se transforme en cellule durable, par le même procédé que les cellules asexuées (la plupart des Chlorophycées). Toute la cellule s'entoure d'une membrane plus ou moins épaisse, à plusieurs couches en partie cuticularisées ; dans le protoplasma de la cellule, il se forme toujours une grande quantité de gouttes graisseuses de dimensions variées, qui s'accumulent autour des chromatophores et donnent au contenu cellulaire un aspect sombre et grossièrement granuleux. Par suite, les diverses parties du protoplasma (couche pariétale, trabécules,etc.) se dilatent jusqu'à se toucher latéralement, en sorte que la cavité cellulaire est complètement

Digitized by Google

réduite. L'arrangement et le groupement des chromatophores et des noyaux, quoique modifiés pour chacun de ces corps, restent les mêmes dans l'ensemble, si même il arrive que ces parties soient entourées et presque entièrement couvertes et marquées par la masse des grains réfringents, grands et petits. Dans la dernière phase de la maturation des spores durables, l'amidon, qui est si abondant dans les chromatophores des algues vertes, se réduit en tout ou en partie ; en même temps la quantité de gouttelettes huileuses augmente et la coloration des chromatophores s'amoindrit plus ou moins.

Une observation plus approfondie du développement des spores durables et de la structure interne des spores minces devient impossible, grâce à la présence de la membrane cutinisée, colorée en brun jaunâtre et élégamment sculptée, et aussi par suite de l'état grossièrement granuleux du contenu, les gouttelettes huileuses qu'il renferme avec des granules d'amidon contribuant à assombrir la spore par leur réfringence.

En outre, les gouttelettes d'huile ne sont pas toujours incolores, et il se développe entre elles, en partie au milieu de la spore, en partie à sa périphérie, une grande quantité de grains rouges d'hématochrome, qui colorent la spore entière ou sa portion centrale seule.

Tout cela contribue à rendre impossible la connaissance exacte de la structure des spores, si l'on se borne à la rechercher sur ces organes vivants. Mais, par l'emploi approprié de réactifs durcissants (alcool, acide picrique) et de substances éclaircissantes (huile éthérée, hydrate de chloral), on parvient à pénétrer la structure interne de ces spores durables ; les gouttelettes huileuses sont ainsi en effet en partie dissoutes, en partie confondues, tandis que les grains d'amidon ne nuisent plus à l'observation, grâce à l'huile éthérée ; l'emploi des réactifs colorants ne pourrait être d'aucune utilité parce que les couches cutinisées de la membrane ne les laissent pas passer. On met par ce moyen en évidence la masse serrée des chromatophores et du noyau de la spore. On peut aussi constater non-seulement qu'il y a un noyau,

Digitized by Google

mais encore que les chromatophores y sont avec leur forme primitive, bien qu'un peu contractés ; leurs pyrénoïdes n'ont pas disparu ; l'enveloppe amylacée seule a été employée. Il est très aisé de reconnaître une pareille structure chez toutes les algues dont les chromatophores ont une forme spéciale caractéristique (*Zygnema*, *Spirogyra*) ; on ne peut le faire qu'avec hésitation chez les espèces dont les chromatophores ont une forme peu frappante (*Vaucheria*).

Ainsi que me l'ont montré les recherches précédentes, les cellules reproductrices et les cellules durables peuvent provenir de cellules végétatives asexuées ou d'œufs fécondés. Mais partout les chromatophores restent différenciés. Les cellules reproductrices et les cellules durables se comportent toutes ainsi dès leur naissance. Les chromatophores y prennent un nouvel accroissement et s'y multiplient, comme dans les cellules végétatives.

Le même phénomène s'observe très clairement dans la formation des cellules reproductrices qui n'ont pas à subir un long temps de repos. Toute la cellule s'accroît, aussitôt fixée ou après un court repos, en une jeune plantule en germination. Dans son intérieur, les chromatophores se multiplient, comme dans les cellules végétatives. Il en est de même dans toutes les cellules qui germent après un temps de repos plus ou moins long, ainsi que le prouvent suffisamment les données actuelles de la science. Dès le commencement de la germination, la quantité de gouttelettes huileuses diminue plus ou moins dans la spore, les grains d'hématochrome disparaissent en partie ou en totalité, et la cellule revient à la structure qu'elle possédait avant sa transformation.

Le protoplasma, en se dilatant, rompt la membrane externe cutinisée, et la cellule en voie de germination apparaît au dehors avec la structure typique des cellules végétatives. Mais les gouttelettes d'huile, qui sont abondantes, et les gouttes d'hématochrome rappellent encore l'état précédent de cellules durables. Au moment de ce réveil de la vie cellulaire, les chromatophores et l'ancien noyau entrent de nouveau en activité. Dans tous les cas, les cellules durables asexuées se comportent de la même

Digitized by Google

manière que les œufs fécondés qui ont pris l'état de cellules durables.

Tout le phénomène de la formation des cellules durables, qu'il résulte ou non d'une fécondation sexuée, consiste donc en ceci, que le cours normal de l'accroissement végétatif est temporairement interrompu, la cellule subissant un long temps de repos : le protoplasma se condense en même temps qu'il se remplit de gouttelettes grasses ; les grains d'amidon se dissolvent en grande partie ou même entièrement ; les chromatophores, pour le moment hors de service, se contractent un peu pendant que l'intensité de leur coloration diminue parfois. Au moment de la germination, sous l'influence de conditions extérieures favorables, la vie de la cellule se réveille, les gouttelettes d'huile disparaissent, le protoplasma entre de nouveau en activité, les chromatophores et le noyau reprennent leur fonctionnement.

Mais on ne trouve jamais de formation nouvelle de chromatophores, soit au moment de la naissance, soit au moment de la germination des cellules durables.

Le cours entier du développement des algues n'offre pas davantage de multiplication des chromatophores par formation nouvelle ; on n'observe jamais que la division. Il y a longtemps qu'on l'a établi pour la multiplication végétative des cellules colorées du thalle. On l'a constaté aussi pour les cellules des méristèmes incolores. On pourrait établir également que dans la reproduction sexuée ou asexuée des individus il n'y a jamais formation libre des chromatophores, mais toujours division des chromatophores préexistants. Toujours, chez les algues, autant que les recherches antérieures permettent une opinion sur ce point, les chromatophores formés indépendamment restent tels et se multiplient aussi indépendamment comme des organes du corps de la cellule, à la manière du noyau. Par ce moyen, la forme caractéristique que les chromatophores possèdent se propage de génération en génération, et on comprend facilement que, dans une espèce donnée, la forme des chromatophores doive être comptée parmi les caractères spécifiques.

Digitized by Google

Copulation de plusieurs chromatophores. — La multiplication des chromatophores par division s'accompagne rarement d'une diminution dans leur nombre, résultant de la réunion de plusieurs d'entre eux. On n'a encore constaté que peu de cas d'un tel phénomène.

On peut y rattacher les cas précédemment exposés des *Spirogyra* et des *Epithemia*, chez lesquels les chromatophores des deux cellules conjuguées, s'unissant bout à bout dans la zygospore, forment ensemble un ruban unique.

Un processus semblable se retrouve dans la formation des zoospores des algues vertes. Chez les *Cladophora* et les autres Siphonocladées, on voit s'assembler autour de chaque noyau le protoplasma ambiant ; les chromatophores se rapprochent si étroitement qu'on ne peut plus les distinguer les uns des autres. Leur ensemble forme en apparence un seul corps qui apparaît aussi comme tel dans les zoospores. Lors de la germination, il se produit une division de ce corps chlorophyllien unique en plusieurs chromatophores indépendants.

Ces faits permettent de penser que les chromatophores primitifs, au moment de la formation des zoospores, s'approchent les uns des autres jusqu'à se souder complètement, mais que leur indépendance primitive est cependant conservée, et qu'à la germination ils se séparent de nouveau. Mais je préfère l'explication qui consiste à admettre que les chromatophores, d'abord indépendants, se confondent, au moment de la formation du zoospore, en un corps chlorophyllien homogène qui, lors de la germination, se multiplie de nouveau par division. Cette dernière opinion est plus conforme aux faits ; il m'a été d'ailleurs impossible de distinguer et d'isoler dans le zoospore les chromatophores primitifs.

On trouve le même procédé dans la formation des zoospores de l'*Halosphæra viridis*. Les cellules de cette algue renferment dans leur couche pariétale un grand nombre de petits disques chlorophylliens, irrégulièrement anguleux, qui se forment par le morcellement d'un grand disque à bords découpés et lobés. Lors

Digitized by Google

de la division du protoplasma cellulaire, les nombreux fragments qui se produisent s'accumulent autour du noyau en une masse hémisphérique. A l'intérieur de celle-ci, les disques chlorophylliens sont si serrés les uns contre les autres qu'il est impossible de les distinguer, et l'on doit se borner à admettre qu'ils se confondent en un corps chlorophyllien unique et en forme de bassin.

Chez les autres algues, je n'ai encore pu constater une telle réunion des chromatophores. Dans quelques cas, il est plus facile d'établir la présence dans le zoospore de chromatophores indépendants (notamment dans les grandes zoospores de *Vaucheria*). Une recherche approfondie permettrait peut-être de retrouver un tel phénomène chez les algues vertes. Chez les Phæophycées et les Rhodophycées, je ne l'ai jamais observé.

Il reste encore à démontrer si la copulation de plusieurs chromatophores se présente à l'occasion dans les cellules végétatives du thalle. Mes observations antérieures ne fournissent aucune preuve à l'appui de cette proposition.

Disparition des chromatophores et des pyrénoïdes. — Nous avons démontré qu'il n'y a jamais formation libre des chromatophores chez les algues, ou du moins qu'aucune apparence ne vient en appuyer l'existence. On peut au contraire prouver que dans divers cas il y a disparition des chromatophores existants. Non seulement la mort de la cellule entraîne naturellement celle des chromatophores, mais encore ceux-ci disparaissent souvent dans les cellules qui sont adaptées à une fonction spéciale dans l'économie de la plante, et auxquelles ils sont inutiles. C'est le cas chez les algues dont le développement végétatif considérable correspond à une ramification abondante et à une division des fonctions étendue.

La disparition des chromatophores est en général préparée par le ternissement de leur coloration ; la disparition forme le dernier degré de la rétrogradation du chromatophore, de même que la décoloration en constitue la première phase. Nous en avons

Digitized by Google

mentionné la plupart des cas dans les chapitres précédents. La modification de la couleur conduit toujours à la décoloration complète ; elle rend les limites du chromatophore de moins en moins distinctes, et finit même par les rendre invisibles.

On constate très clairement la disparition des chromatophores dans les cellules des poils et des rhizoïdes de quelques algues (tandis que chez les autres espèces on ne remarque que l'indice d'une faible rétrogradation des chromatophores, qui sont même quelquefois entièrement conservés). On pourrait encore trouver une telle disparition dans l'intérieur du thalle des grosses algues, par exemple dans la tige des grandes Laminariées. Je n'ai pu cependant en observer aucun exemple ; toutes les recherches que j'ai faites m'ont permis de constater des chromatophores différenciés dans les cellules médullaires des Fucacées et des Laminariées. Au contraire, on peut directement constater une disparition complète des chromatophores dans la formation des cellules mâles des *Fucus* et des autres algues brunes. La cellule hypogyne de l'*Helminthocladia purpurea* est un des exemples où j'ai pu suivre entièrement la disparition des chromatophores. Cette cellule renferme au début, comme ses voisines, un noyau et un chromatophore très apparents. Pendant que la cellule trichogyne s'accroît, le chromatophore perd peu à peu sa couleur et se contracte, en même temps que le pyrénoïde, apparent jusque-là, se détruit entièrement. Le chromatophore est alors incolore, peu clairement délimité, et à la fin n'est même plus du tout distinct. Dans les deux ou trois cellules qui supportent le trichogyne, les chromatophores disparaissent en partie, se rétrécissent, perdent de leur couleur, mais ne deviennent jamais invisibles.

Tous ces exemples montrent suffisamment qu'il y a parfois disparition complète des chromatophores dans des cellules où le protoplasma reste vivant. On n'a pu toutefois jamais constater de formation nouvelle de tissus verts au moyen de cellules hyalines. Quoi qu'il en soit, l'on ne connaît pas encore le mécanisme de cette disparition : les chromatophores, contractés et décolorés, sont-ils absorbés et utilisés par le protoplasma qui les entoure, ou

Digitized by Google

la substance fondamentale du chromatophore, après sa décoloration, se confond-elle par la perte de ses limites avec le protoplasma ambiant ? On ne peut décider entre les deux hypothèses, quoique la première paraisse plus vraisemblable.

Les pyrénoïdes, ainsi qu'on l'a vu dans l'*Helminthocladia purpurea*, disparaissent en même temps que le chromatophore ou même avant lui. Ils persistent en effet aussi longtemps que le chromatophore lui-même est conservé, Aucune de mes recherches n'a pu me permettre de constater la disparition des pyrénoïdes dans les cellules végétatives des algues. Je ne l'ai pas davantage observée dans la formation des cellules femelles ou des cellules durables. Le pyrénoïde n'est jamais dissous, mais persiste dans la formation des zoospores ou des spores immobiles des cellules reproductrices sexuées ou asexuées et des cellules durables, quoique les grains d'amidon du chromatophore et ceux de l'enveloppe amylacée du pyrénoïde soient employés et dissous. J'ai déjà établi dans les chapitres précédents, pour beaucoup de cas isolés, mais je dois constater ici, sous forme de conclusion, que l'on n'a encore pu démontrer nulle part qu'il y eût dissolution ou disparition des pyrénoïdes. bien que dans le cours du développement ces corps fussent parfois difficilement reconnaisables.

Ces faits prouvent bien que les pyrénoïdes ne constituent pas des inclusions inanimées des chromatophores, des matières de réserves formées et accumulées par hasard, mais que, parties actives et essentielles du chromatophore, ils prennent une part importante à la vie de ces corps.

Les chromatophores sont des parties intégrantes et essentielles de la cellule. — On peut se demander maintenant jusqu'à quel point les cellules de toutes les régions du thalle renferment des chromatophores, jusqu'à quel point aussi ceux-ci doivent être considérés comme parties intégrantes et essentielles des cellules des algues.

Toutes les cellules reproductrices, quelle que soit leur origine,

Digitized by Google

renferment toujours, comme on l'a vu, des chromatophores ; on n trouve aussi toujours dans les cellules du méristème, qu'il soit coloré ou incolore. Il en résulte que tous les tissus proviennent de cellules pourvues de chromatophores. Aussi les cellules ne peuvent-elles être dépourvues de chromatophores que si ces corps, d'abord présents, ont ensuite disparu, ou si, dans la division d'une cellule, tous les chromatophores ont échu à l'une des cellules-filles, l'autre en restant dépourvue. Les deux procédés sont représentés, nous l'avons vu, dans la formation du corps des algues. Mais les cas dans lesquels on peut constater l'un ou l'autre processus (poils et rhizoïdes de la plupart des algues, cellules mâles des Fucacées, Floridées, Characées et de quelques autres algues) sont ceux où la cellule est adaptée à une fonction spéciale pour laquelle le chromatophore est inutile, jamais ceux où la cellule doit faire partie des régions vivaces du thalle.

Les cellules dépourvues de chromatophores se divisent encore parfois (sporanges mâles des Dictyotacées et des Characées), mais cette division a une durée limitée et n'aboutit jamais qu'à l'augmentation du nombre de ces cellules spécialisées. Cette division n'a en aucun cas pour conséquence la formation de parties végétatives du thalle. Celui-ci est toujours constitué par des cellules pourvues de chromatophores, soit que ces corps aient une forme bien arrêtée et impriment aux cellules qui les contiennent une physionomie caractéristique, soit qu'ils aient peu d'apparence à cause de leur faible coloration et qu'au premier examen ils se dérobent aux yeux de l'observateur.

Nos observations n'ont pu embrasser le domaine entier des algues et nous n'avons pas tenu compte particulièrement des formes gigantesques de la flore antarctique. Aussi est-il possible qu'une étude comparée de ces formes puisse modifier sur certains points les résultats acquis. Je ne puis notamment regarder comme invraisemblable que le cambium cellulaire qui contribue à l'épaississement de la tige des grandes Laminariées soit dépourvu de chromatophores, pas plus que les tissus profonds de cette tige, qui en dérivent.

Digitized by Google

Mais cette supposition ne peut encore s'appuyer sur des faits, d'autant plus que jusqu'ici mes recherches m'ont montré des chromatophores dans les cellules incolores de la tige des Laminariées et des Fucacées.

Des faits observés, on peut conclure que, chez les algues, les chromatophores constituent une partie essentielle du corps de la cellule, que leur existence est constante et qu'ils ne font défaut que dans les cellules adaptées à une fonction spéciale et où leur présence serait superflue.

Dérivés inclus dans les chromatophores. — La description morphologique des chromatophores doit être complétée par une étude détaillée de leurs produits.

Les produits, qui apparaissent non pas avec une forme précise, mais comme des substances dissoutes, ont encore une origine douteuse. Il y a un seul fait certain au sujet de la solution de matière colorante, c'est qu'il est à peine douteux qu'elle provient du chromatophore lui-même. Mais on n'a que peu de données certaines sur la manière dont elle se forme, sur son emploi ultérieur, sur les produits auxquels elle donne naissance. On ne peut garantir encore si la même matière colorante, la chlorophylle, nuancée dans sa teinte par divers mélanges, existe seule dans les chromatophores de toutes les algues, ou si l'on trouve dans les diverses algues diverses matières colorantes chimiquement voisines. La composition de ces couleurs est elle-même sujette à controverses.

Mais toutes ces questions sortent du domaine de la morphologie pure et peuvent rester indécises.

Les produits du chromatophore, doués d'une forme arrêtée, exigent au contraire une discussion approfondie.

Parmi eux, on trouve d'abord dans la plupart des algues vertes les grains d'amidon. Dans le plus grand nombre des Chlorophycées, ces grains sont régulièrement disposés en grand nombre dans le chromatophore ; ils manquent en général dans les cellules en voie de végétation active, tandis qu'ils s'accumulent dans celles

Digitized by Google

dont l'accroissement est prolongé (*Valonia utricularis*) ; dans d'autres cas, il n'est pas possible de constater leur formation dans les chromatophores, en particulier dans la plupart des espèces de *Vaucheria*, et fréquemment chez les *Chroolepus*, *Microspora*, *Botrydium* et *Euglena*. Ce n'est que dans quelques cas isolés qu'une observation suivie permet encore de reconnaître la formation de grains d'amidon chez ces plantes ; le plus souvent, au contraire, surtout chez les *Vaucheria*, *Microspora* et *Euglena*, l'apparition dans le chromatophore de nouveaux produits figurés, montre bien qu'il ne s'y forme jamais d'amidon. Celui-ci manque fréquemment chez toutes les algues à chromatophores bruns ou rouges (Bacillariées, Bangiacées et quelques autres Chlorophycées, telles que les *Porphyridium*, toutes les Phæophycées et les Rhodophycées).

La formation des grains d'amidon dans les chromatophores verts se fait suivant deux types distincts. Une partie apparaît sous forme de grains isolés disséminés sur les bords du chromatophore ; mais le plus grand nombre s'assemble en une couche sphérique autour des pyrénoïdes, formant une enveloppe amylacée. Les deux formes s'associent dans les chromatophores pourvus de pyrénoïdes (*fig.* 5, 6) ; les grains isolés se forment d'ordinaire beaucoup plus tard que les autres et manquent fréquemment dans les cellules en voie de végétation active (*fig.* 3, 4, 7, 13, 27), tandis que dans certains cas (quelques Palmellacées) les grains de l'enveloppe amylacée apparaissent plus tard en plus petit nombre que les grains isolés. Là où les pyrénoïdes font défaut, comme chez les Characées, il ne se forme naturellement que des grains isolés et point d'enveloppe amylacée.

Le développement des grains d'amidon isolés se suit très bien dans les chromatophores plats des algues filamenteuses fraîches, conservées en culture (*Mesocarpus*, *Urospora*, *Œdogonium*). Il faut peu de temps pour voir de petits grains apparaître et s'accroître en dimension et en nombre dans les parties du chromatophore qui en étaient dépourvues. Ils se présentent d'abord comme des portions arrondies ou allongées des chromatophores,

Digitized by Google

plus réfringentes et, vues sous de forts grossissements, plus colorées que la substance ambiante des chromatophores. Sur des matériaux durcis et colorés (par l'acide picrique), on reconnaît qu'à ces places correspondent des corps de forme définie, enfoncés dans la substance fondamentale du chromatophore, et que leur coloration bleue, sous l'influence de l'iode, fait regarder comme de l'amidon. Les phases ultérieures du développement montrent ces corps de plus en plus grands et épais et de plus en plus fortement colorés par l'iode. On trouve à la fin, dans les chromatophores des cellules vivantes, des grains d'amidon bien délimités, incolores et très réfringents.

Le grain d'amidon, isolé dans la plupart des algues vertes, n'atteint pas, par son accroissement indépendant, une bien grande dimension et reste, d'après mes observations, enfermé pendant la vie de la cellule dans l'intérieur du chromatophore. Il arrive aussi parfois, comme chez les Phanérogames, qu'un certain nombre de grains d'amidon voisins s'associent en grains composés. Aux places où une telle réunion de grains a lieu, le chromatophore s'épaissit et l'épaississement augmente à mesure que l'amas d'amidon s'accroît; cet épaississement fait saillie plus ou moins à la surface du chromatophore disciforme, tantôt des deux côtés, tantôt d'un seul côté. Autour du grain d'amidon en voie d'accroissement, la substance du chromatophore qui l'entoure immédiatement paraît plus condensée et se sépare incomplètement du reste du chromatophore en une enveloppe différenciée.

Je ne puis insister sur toutes les différences qu'offrent les grains d'amidon des diverses algues. Je crois seulement devoir mettre en évidence quelques détails particuliers.

On trouve par exemple, dans les cellules âgées ou dans les spores durables des Siphonocladées, des grains isolés si épaissis qu'ils occupent toute la masse du chromatophore disciforme où ils ont pris naissance. Autour du grain, la couche enveloppante verte du chromatophore s'amincit de plus en plus et finit par disparaître à l'observation. Tout le chromatophore est employé lors de la formation du grain d'amidon.

Digitized by Google

Les grains d'amidon des Characées se comportent autrement. Les cellules végétatives de ces plantes renferment dans leurs petits disques chlorophylliens isolés un nombre indéterminé de grains d'amidon de dimensions très faibles. Ceux-ci forment peu à peu un nombre plus faible de grains composés, dont l'épaisseur augmente plus ou moins. Dans les vieilles cellules de la tige, ils occupent bientôt presque toute la masse du chromatophore et ont enfin la forme de petits amas incolores de grains associés, qui parfois abandonnent leur situation primitive dans l'intérieur de la couche protoplasmique pariétale et sont entraînés par les courants du protoplasma.

Les grains d'amidon des spores de Characées méritent une mention particulière. La jeune cellule centrale du bourgeon sporigène offre ici, comme on l'a vu, dans sa couche protoplasmique pariétale, plus ou moins poreuse, un grand nombre de chromatophores incolores qu'il est très difficile de distinguer. Les grains d'amidon commencent bientôt à s'y former. J'ai vu très clairement, chez le *Nitella translucens*, dans la couche pariétale presque close, des chromatophores incolores, à peine distincts des ponctuations du protoplasma, grâce à leur constitution homogène, et qui renferment chacun un ou deux petits grains d'amidon. Ces grains s'accroissent beaucoup et deviennent de gros grains lenticulaires à couches concentriques très apparentes, qui se répandent dans l'intérieur de l'œuf. Une petite quantité de protoplasma remplit les intervalles entre ces grains. On trouve dans ce protoplasma une grande quantité de petits grains d'amidon irrégulièrement anguleux, qui occupent à la maturité presque tout l'intérieur de l'œuf, sauf son extrémité antérieure, constituant le point d'imprégnation ; entre eux, dans la partie inférieure de la cellule, se trouve le noyau uniformément comprimé. S'il est difficile de distinguer dès le début les chromatophores, il n'est pas moins difficile de reconnaître comment ils coopèrent à la formation de ces nombreux grains d'amidon. Je me bornai à établir que ces grains émanent des chromatophores, comme cela a lieu dans les cellules végétatives des Characées.

Digitized by Google

La formation des grains qui constituent les amas d'amidon paraît au premier abord plus compliquée que celle des grains isolés ; à cause des rapports immédiats des premiers avec le pyrénoïde, nous l'avons déjà antérieurement étudiée. Mais quand on compare étroitement la description antérieure avec les données qui précèdent, on voit que le développement de ces grains est tout à fait identique à celui des grains isolés. Seulement, la formation de grains composés est plus fréquente que chez ceux-ci ; ils atteignent, par exemple chez les *Spirogyra* et les *Œdogonium* une épaisseur considérable.

Il arrive encore ici parfois que, pendant l'accroissement, toute la masse périphérique du chromatophore est employée. Je l'ai observé assez souvent dans les cellules âgées des Siphonocladées. L'enveloppe verte qui entoure au début l'amas d'amidon, diminue de plus en plus et finit par disparaître. On ne peut alors d'ordinaire reconnaître la composition de l'enveloppe amylacée en plusieurs morceaux, tous les grains d'amidon s'étant réunis en une couche sphérique continue ou parfois (*Cladophora* sp.) en deux demi-sphères asymétriques.

La description du développement des grains d'amidon ne donne aucune indication sur leur origine ; la discussion de cette question nous conduirait trop loin. Je vais montrer en peu de mots que, comme supplément à ma théorie de la naissance et de l'accroissement de la membrane cellulaire (*Sitzungsber. d. niederrh. Ges. f. Natur-und Heilkunde* zu Bonn, 1880, séance du 6 décembre, pag. 250), j'adopte complètement les idées que Strasburger, dans son récent travail *Sur la structure et l'accroissement de la membrane cellulaire*, 1882, a développé sur la naissance et l'accroissement des grains d'amidon. Les grains d'amidon naissent par la transformation d'une petite partie de la substance du chromatophore en substance amylacée ; ils grossissent parce que cette transformation s'étend peu à peu aux couches ambiantes du chromatophore, et la matière amylacée nouvellement formée s'étend de plus en plus autour du noyau primitif.

Par cette transformation continue, la substance amylacée arrive

Digitized by Google

à occuper un espace plus grand que la substance du chromatophore. Par suite, celle-ci est naturellement un peu comprimée sur ses côtés ; c'est ce qui provoque en partie la formation de l'enveloppe condensée autour du grain ou de l'amas d'amidon. En outre, l'accroissement des grains et de l'amas d'amidon s'accompagne toujours d'un épaississement du chromatophore disciforme ; cet épaississement produit dans le cas des amas d'amidon une saillie assez considérable à la surface du chromatophore (*Spirogyra*, *Pleurotænium*) (comp. *fig.* 14).

Cette théorie de la structure et de l'accroissement des grains d'amidon n'indique nullement si la substance même est amorphe, cristalline ou organisée.

Cette théorie établit seulement que l'accroissement du grain se fait par une transformation répétée de la substance du chromatophore, c'est-à-dire du protoplasma, en matière amylacée et par l'apposition de cette dernière sous forme d'une couche mince autour du grain préexistant. Dans cette couche, la substance amylacée pourrait être aussi bien amorphe que cristalline (le grain entier représentant un sphéro-cristal, comme Schimper (*Bot. Zeit.*, 1881, pag. 226) l'a montré), ou même organisée (comme la théorie moléculaire de Nægeli ou de Strasburger permet de le comprendre).

Une discussion plus approfondie de la question nous mènerait trop loin.

Dans les algues citées jusqu'ici, les grains d'amidon étaient uniquement situés dans l'intérieur des chromatophores, jamais dans le protoplasma cellulaire. On trouve des cas tout différents dans les autres plantes de ce groupe.

Et d'abord, chez toutes les Floridées on trouve des grains amyloïdes qui naissent dans le protoplasma de la cellule et non dans les chromatophores (*fig.* 25). Mais leur production a lieu, dans tous les cas que j'ai observés, dans le voisinage immédiat des chromatophores, le long de leur surface ou près des bords amincis des plaques ou rubans disciformes. Ainsi, dans les cas où ils ne se forment pas dans l'intérieur du chromatophore, c'est

Digitized by Google

sous son influence directe qu'ils prennent naissance ; cela semblerait prouver qu'il y a une matière en dissolution excrétée par le chromatophore et reçue par le protoplasma ambiant, qui de son côté engendrerait en ce point la substance amyloïde. Par leur forme et leur constitution, ces grains rappellent les grains d'amidon véritables, mais ils s'en distinguent par quelques caractères, et notamment par la coloration particulière que l'iode leur communique. Au lieu de se colorer en bleu comme l'amidon des Phanérogames, les grains amyloïdes des Floridées prennent une nuance qui varie du brun jaunâtre au brun rougeâtre. On les a par suite distingués sous le nom d'amidon des Floridées.

Ces grains, disposés d'abord dans le voisinage immédiat des chromatophores, s'accroissent peu à peu (évidemment par l'apposition de nouvelle substance à leur surface) et, grâce aux mouvements du protoplasma dans lequel ils restent plongés, se répandent dans toute la cavité de la cellule. Leur quantité est variable ; les cellules âgées des espèces vivaces de Floridées sont assez souvent presque complètement remplies de grains d'amidon, tandis que d'autres espèces en sont dépourvues. Ils constituent du reste aussi une réserve nutritive.

Les grains d'amidon des Floridées sont, au début de leur dévement, répartis d'un manière caractéristique dans les cellules des Némaliées (*Nemalion*, *Helminthocladia*). Ces cellules renferment, comme on l'a vu, un chromatophore étoilé, asymétrique, du milieu duquel rayonnent de tous côtés un grand nombre de prolongements rubanés. C'est autour du noyau central de cette étoile, dans le protoplasma limitrophe, qu'apparaissent les premiers grains régulièrement distribués (*fig.* 12) en une couche sphérique. Au centre de chaque étoile se trouve un pyrénoïde arrondi et assez gros, qu'enveloppe une mince enveloppe colorée ; la couche sphérique des grains d'amidon, dont la continuité est seulement interrompue par les prolongements étoilés, est ainsi très rapprochée du pyrénoïde ; il semble alors que l'on soit en présence d'un amas d'amidon homogène, comme chez les algues vertes. Mais une observation attentive permet de recon-

Digitized by Google

naître la connexion réelle des parties, surtout quand la quantité de grains augmente dans la cellule et qu'il s'en forme de nouveau le long des bords des prolongements étoilés.

Il faut rapprocher de l'amidon des Floridées une formation analogue qui est très répandue chez les Phæophycées (Ectocarpées, Laminariées, Dictyotées, etc.)

Il se développe, comme chez les Floridées, sur toute la surface du chromatophore, des grains réfringents de dimensions variées, disposés dans le protoplasma limitrophe, évidemment sous l'influence du chromatophore et entraînés ultérieurement dans toutes les parties de la cellule par les mouvements du protoplasma. Ces grains se dissolvent, comme ceux des Floridées, dans l'eau et l'alcool, et se comportent de la même manière qu'eux avec tous les dissolvants ; la solution iodée ne les colore pas, ce qui les distingue de l'amidon véritable.

Ils grossissent du reste dans la cellule vivante, comme l'amidon des Floridées, mais ne présentent jamais de stries concentriques apparentes. Dans les jeunes cellules des Phæophycées, ils s'accumulent près du bord ou à la surface des chromatophores discoïdes, qu'ils recouvrent parfois complètement ; dans les cellules âgées, ils sont encore plus abondants et se distribuent en partie dans le voisinage immédiat des chromatophores, en partie dans le protoplasma cellulaire. Je ne les ai pourtant jamais vus en aussi grande quantité que chez les Floridées.

A cause de leur analogie avec les grains d'amidon des Floridées, je propose de les désigner, en attendant, sous le nom d'amidon des Phæophycées.

On trouve fréquemment une forme d'amidon analogue chez les Euglènes et chez les plantes voisines ; on l'a désignée depuis longtemps du nom de *paramidon*. J'en ai observé des grains chez l'*Euglena viridis* (*fig.* 19) et l'*Euglena oxyuris* (*fig.* 20); ils sont de dimensions variables, de forme ovale allongée ; ils n'offrent pas de couches concentriques et présentent seulement une condensation de matière en leur milieu. Ces grains naissent, comme chez les Floridées et les Phæophycées, près de la sur-

Digitized by Google

face des chromatophores, sous forme de granules peu nombreux d'abord, mais dont le nombre et la grosseur augmentent sans cesse.

Les plus âgées apparaissent autour du noyau du chromatophore étoilé en une couche poreuse sphérique ; plus tard, des grains de même nature prennent naissance en plus grand nombre le long des prolongements étoilés, et de là se répandent dans toutes les parties de la cellule. Les grains de paramidon ne se colorent pas par l'iode et se distinguent par là de l'amidon vrai.

Les premiers grains formés chez les Euglènes sont disposés, comme chez les Némaliées, autour du centre de l'étoile chlorophyllienne, en une couche interrompue seulement par les prolongements du chromatophore. Ce noyau central renferme lui-même un pyrénoïde incolore entouré par une mince couche de la substance verte du chromatophore. Les grains de paramidon forment une couche si exactement close et si étroitement appliquée contre le noyau central du chromatophore étoilé, qu'il semble que l'on ait affaire à un amas d'amidon ordinaire (*Euglena viridis*, plus rarement *E. oxyuris*). Mais un examen attentif montre que le faux amas d'amidon des Euglènes arrive à cet état autrement que les vrais amas des autres algues ; les grains de paramidon, au lieu de naître dans le chromatophore, autour du pyrénoïde, apparaissent dans le protoplasma qui entoure immédiatement le chromatophore.

Les grains de paramidon sont assez souvent, chez l'*Euglena viridis*, irrégulièrement groupés. Leur disposition, normale en couche sphérique simple, est alors peu apparente et même tout à fait méconnaissable.

C'est ce qui arrive notamment lorsque des grains de paramidon plus ou moins nombreux sont en même temps répandus dans toute la cellule. Il n'y a plus alors aucune apparence de faux amas d'amidon, d'autant plus que, chez l'*Euglena viridis*, le pyrénoïde tranche alors sur la substance du chromatophore, plus fortement réfringente.

Chez l'*Euglena oxyuris*, dont les cellules renferment deux ou

Digitized by Google

plusieurs chromatophores étoilés, rangés l'un à la suite de l'autre avec le noyau intercalé et renfermant chacun un pyrénoïde très apparent (*fig.* 20), les faux amas d'amidon deviennent méconnaissables par suite de l'accumulation de nombreux grains de paramidon dans toutes les parties de la cellule ; mais dans les cellules où ces derniers sont peu nombreux, les faux amas d'amidon se distinguent aisément, même si les grains qui les constituent sont peu régulièrement disposés.

Chez les autres espèces d'Euglènes et chez les genres voisins, on sait qu'il existe des grains de paramidon plus ou moins nombreux, mais on n'a pas de données suffisantes sur leur mode de développement.

Je crois pouvoir déduire cependant des représentations que l'on en a faites, que partout l'organisation des grains de paramidon est semblable à ce qui existe chez les *Euglena viridis* et *oxyuris*. Une étude approfondie de ces organismes, que je n'ai pu encore trouver vivants, pourrait seule décider la question.

La forme d'amidon étudiée en dernier lieu constitue le terme final de la série des produits des chromatophores que rapproche une analogie morphologique évidente et un ensemble de réactions chimiques concordantes. Ils prennent sans doute tous naissance par une transformation locale de la substance protoplasmique et s'accroissent par apposition.

Leur formation est également sous la dépendance étroite des chromatophores. Seulement, tandis que les vrais grains d'amidon naissent et atteignent leur grosseur définitive, toujours, dans l'intérieur du chromatophore, l'amidon des Floridées et des Phæophycées et le paramidon se forment hors du chromatophore dans le protoplasma, et seulement dans les parties du protoplasme immédiatement voisines du chromatophore, au lieu que leur accroissement se fait, tantôt au voisinage du chromatophore, tantôt dans toute l'étendue de la cellule.

Dans ces divers cas, par suite de ma théorie de la formation de l'amidon, la matière amylacée doit tirer son origine de substances diverses. Elle se forme, dans un cas, par la transformation

Digitized by Google

de la substance fondamentale du chromatophore; dans l'autre cas, par la transformation du protoplasma. Peut-être pourrait-on, à cause de la grande analogie qu'il y a entre les substances du chromatophore et du protoplasma, trouver là un nouvel appui à la théorie de la formation de l'amidon?

A côté des produits solides des chromatophores, on trouve, dans un certain nombre de Chlorophycées (*Vaucheria, Microspora*), à la place des grains d'amidon, de petites gouttelettes sphériques, brillantes, qui se dissolvent dans l'alcool et dans l'éther. Elles naissent, comme l'amidon des Floridées, près du bord des chromatophores. dans le protoplasma limitrophe. Elles peuvent être considérées, au moins chez les *Vaucheria*, au point de vue de leur signification biologique, comme l'équivalent des grains d'amidon manquants. Mais à cause de leur solubilité dans l'alcool et l'éther, on les oppose aux grains d'amidon comme gouttelettes d'huile. On peut se demander pourtant s'il ne serait pas plus convenable de les réunir au groupe des produits analogues des chromatophores que nous venons d'étudier, et dont elles ne se distingueraient que par leur solubilité dans l'alcool et l'éther, de même que le groupe des grains d'aleurone comprend des corps solubles et des corps insolubles. Le mode de formation de ces gouttelettes d'huile et la manière dont elles se comportent morphologiquement les rapproche à tel point des grains d'amidon des Floridées et des Phæophycées, qu'un tel rapprochement me paraît parfaitement fondé.

Des grains ou des gouttelettes de matière grasse, plus ou moins solubles dans l'alcool et l'éther ou dans d'autres dissolvants, apparaissent sous une autre forme dans les cellules des algues, en partie au voisinage des grains d'amidon, et toujours sous la dépendance du chromatophore. C'est ce qui arrive très généralement chez les algues vertes, cultivées dans des conditions défavorables (par exemple dans un appartement). On trouve alors régulièrement disposés, près du bord du chromatophore où à sa surface, des grains ou des gouttelettes brillantes de toutes dimensions ; leur nombre s'accroît et ils se répandent dans les autres

Digitized by Google

parties du protoplasma cellulaire. Pringsheim a décrit leur aspect chez le *Mesocarpus scalaris* (*fig.* 3) et les a désignées du nom de globules de matière tannique. Des globules de grande dimension, doués d'une réfringence différente, apparaissent, chez quelques algues vertes (*Spirogyra, Zygnema*), au voisinage du chromatophore et sous son influence directe; à cause de leur solubilité dans l'alcool et l'éther, on les considère d'ordinaire comme formés d'huile ou de matière grasse. On les trouve chez les individus dont la végétation est languissante (par suite de conditions extérieures défavorables).

Chez la plupart des algues (*Zygnema*), la quantité de ces gouttes d'huile ou de graisse augmente de plus en plus sous l'influence de cultures défavorables; elles naissent dans le voisinage du chromatophore et se répandent de là dans toute la cellule, où, particulièrement dans les cellules qui doivent prendre l'état de cellules durables, elles s'accumulent en masses considérables.

Mais toujours ces globules graisseux se produisent sous l'influence du chromatophore et ne se distribuent que plus tard dans les autres parties du protoplasma. Les gouttes huileuses, de dimension variée, que l'on observe si souvent chez les Bacillariées à végétation languissante, paraissent moins évidemment sous la dépendance du chromatophore. On peut cependant par analogie affirmer qu'ici, comme dans les cas précédents, les globules huileux ou graisseux sont soumis à l'influence immédiate des chromatophores.

Je ne puis affirmer qu'il en soit de même pour les gouttelettes huileuses ou graisseuses et les grains mucilagineux qui apparaissent au moment de la formation des spores durables et remplissent la cavité de la cellule. Il me paraît au contraire vraisemblable qu'une partie de ces corps prend naissance dans le protoplasma, hors de l'influence des chromatophores; la preuve en est difficile.

J'en dirai autant des globules hyalins peu brillants, facilement solubles, qui remplissent souvent le protoplasma des cellules des

Digitized by Google

Phæophycées et leur donnent, lorsqu'on les regarde avec de faibles grossissements, un éclat si particulier, mais qu'il ne faut pas confondre avec les grains d'amidon.

Il en est de même de la plupart des autres formations globuleuses qui apparaissent isolées ou en grande quantité dans le protoplasma des algues les plus diverses (*Microdictyon, Chondriopsis cærulescens* d'après Kny, *Arachnophyllum*), et dont la nature chimique est encore indéterminée.

Tous ces corps, décrits comme produits réels des chromatophores, ne se forment cependant jamais dans le chromatophore, mais dans le protoplasma qui l'entoure,

C'est le cas de toutes les formations de cette nature que j'ai étudiées et surtout des goutelettes graisseuses qui, d'après les auteurs, se forment dans les chromatophores des *Spirogyra*. Une recherche attentive, au moyen de très forts grossissements, m'a montré que, chez toutes les espèces de ce genre observées par moi, les gouttelettes sont très clairement situées hors des chromatophores (et plutôt à leur face interne) dans le protoplasma voisin ; et même, avec de faibles grossissements, le doute n'est pas possible.

Je suis aussi persuadé que, chez les *Mesocarpus* et les autres algues vertes, les mêmes gouttes graisseuses sont situées dans le protoplasma et non dans le chromatophore, quoiqu'au premier abord le contraire paraisse vrai.

Pour si étendues qu'aient été mes recherches, je n'ai pu trouver un seul cas où les gouttes d'huile se fussent formées dans le sein du chromatophore vivant, et je dois, en dépit de toutes les données antérieures de la littérature scientifique, contester d'une manière générale la présence de gouttes huileuses dans les chromatophores des algues.

A part les pyrénoïdes et les grains d'amidon, je n'ai trouvé dans les chromatophores aucun autre corps différencié et indépendant. Les granules rouges (points oculiformes) que présentent à l'une de leurs extrémités les zoospores de beaucoup d'algues vertes et les cellules isolées des Volvocinées, Chlamydomona-

Digitized by Google

des et Euglènes, et les corps rouges analogues que l'on rencontre dans les zoospores des Phæophycées, sont situés dans le protoplasma, au voisinage du bord du chromatophore, mais jamais dans l'intérieur de celui-ci. Il n'a été trouvé nulle part d'autres inclusions dans les chromatophores, et, pour ma part, je n'en ai jamais rencontré d'autres.

Chromatophores et noyaux. — Il a été question à plusieurs reprises, dans ce qui précède, de l'analogie qui relie les chromatophores et les noyaux, les pyrénoïdes et les grains de chromatine. La preuve de cette analogie sera le dernier but de ce travail.

Au milieu des diverses interprétations émises dans ces derniers temps au sujet de la structure du noyau, il est nécessaire que j'esquisse rapidement la façon dont je la comprends moi-même après l'étude comparative que je viens d'en faire.

D'après ces interprétations, le noyau consiste en une substance fondamentale, finement réticulée, dans laquelle est plongée la chromatine différenciée sous diverses formes. La chromatine apparaît parfois sous la forme d'un corps arrondi, le nucléole; d'autres fois sous forme de corps en nombre variable, souvent nombreux, de dimension différente, et dont le contour est en partie sphérique, en partie fusiforme. Quelquefois la nucléine présente à la fois la forme de minces filaments plus ou moins ramifiés et diversements agencés, et d'un ou plusieurs nucléoles pelotonnés. Enfin il arrive aussi que la chromatine tout entière prend cette dernière forme.

Dans tous les cas ces corps, qui paraissent formés de nucléine, sont plongés dans une substance fondamentale que sa structure finement réticulée et ses réactions chimiques rapprochent du protoplasma, et que l'on peut considérer comme une partie différenciée de celui-ci.

Pendant l'accroissement du noyau, les grains ou les filaments de chromatine s'accroissent aussi et se multiplient par division; il semble aussi, dans certains cas, qu'il y ait formation nouvelle.

Digitized by Google

La division du noyau met fin à la multiplication de la chromatine.

Dans les cas les plus simples la division des nucléoles pelotonnés est suivie d'un étranglement plus lent ou plus rapide de tout le noyau (vieilles cellules de *Chara*, cellules tubuleuses de *Bryopsis*), sans qu'une partie de la substance fondamentale soit abandonnée au protoplasma ambiant. Dans d'autres cas, un fragment médian de la substance fondamentale privé de chromatine est séparé par la division et se réunit au protoplasma qui entoure le noyau (*Codium*). Mais dans un grand nombre de cas, il survient une complication : on voit dans la substance fondamentale du noyau primitif, différenciée en filaments parallèles et peu délimitée vis-à-vis du protoplasma cellulaire, les grains de chromatine subir des changements de forme variés, puis se séparer en deux groupes constituant les deux noyaux secondaires ; autour de ces deux groupes, les filaments parallèles se rassemblent pour constituer la substance fondamentale des deux nouveaux noyaux.

Parmi les diverses formes que prend le noyau dans le cours de sa division, la plus simple est celle du noyau constitué par un corps arrondi, pourvu d'un ou plusieurs nucléoles, plongé au milieu d'une substance fondamentale réticulée, de même que la forme la plus simple de la division est celle qui se fait par l'étranglement des nucléoles, suivie de l'étranglement du noyau tout entier (noyaux des cellules âgées des *Nitella*). Cette forme simple de noyau se rattache directement à celle que possèdent beaucoup de chromatophores pourvus d'un ou de plusieurs pyrénoïdes.

La substance fondamentale des chromatophores présente aussi une structure réticulée ; ses réactions chimiques sont très semblables à celles de la substance fondamentale du noyau, ainsi qu'à celle du protoplasma. Les pyrénoïdes eux-mêmes offrent dans leurs réactions chimiques la plus grande analogie avec les nucléoles. Comme ces derniers, ils grossissent pendant l'accroissement du chromatophore et se multiplient en partie par étranglement et division, en partie par formation nouvelle. En somme,

Digitized by Google

la division du chromatophore s'opère d'abord par la division du pyrénoïde, puis par la division de la substance fondamentale, soit au moyen d'un simple étranglement, soit par la scission d'une zone médiane de cette substance, différenciée en fibrilles parallèles. Si à la concordance dans la structure et dans le mode de division nous ajoutons ce fait : que jamais, dans les plantes, les noyaux ni les chromatophores ne naissent par formation nouvelle, mais toujours par division d'un noyau ou d'un chromatophore préexistant, nous pouvons conclure à l'analogie morphologique complète de ces deux formations.

Cette analogie se traduit encore par un certain nombre de détails. Les chromatophores et les noyaux peuvent se déformer plus ou moins, tous deux sont également enveloppés par le protoplasma de la cellule; ils offrent encore une ressemblance évidente dans la forme extérieure, depuis la forme arrondie jusqu'à la forme rubanée et plus ou moins lobée, et même, au point de vue de la variabilité des formes, le chromatophore l'emporte sur le noyau ; les uns et les autres, enfin, peuvent dans certains cas se fusionner deux à deux ou plusieurs ensemble.

A côté des analogies réelles qui unissent les formes de noyaux et de chromatophores que nous avons étudiées, des différences essentielles viennent dans certains cas séparer ces organes. C'est ainsi qu'il n'y a pas d'analogie parfaite entre les formes compliquées de la division du noyau et le mode de division des chromatophores dans lesquels les pyrénoïdes se multiplent par étranglement, sans présenter de changements de forme particuliers. D'autre part, un grand nombre de chromatophores manquent de pyrénoïdes ; la plupart des algues, de même que les Archégoniées et les Phanérogames, sont dans ce cas. Aussi les formes compliquées de noyau et les chromatophores sans pyrénoïde offrent-ils entre eux moins de caractères morphologiques concordants qu'il n'y en a entre les noyaux et les chromatophores précédemment étudiés. Mais une recherche étendue montre ces cas extrêmes reliés par un grand nombre de formes de passage et plaide en faveur d'une analogie complète entre toutes ces formations,

Digitized by Google

analogie d'ailleurs aussi grande que le permet la différence des fonctions.

Il ne me paraît nullement hasardé de considérer les noyaux et les chromatophores comme formant deux séries parallèles ayant un point de départ commun, et de les regarder comme des organes analogues du protoplasma présentant dans quelques cas des différences dans la forme en rapport avec leur adaptation à des rôles et à des fonctions différentes. Toutes les considérations qui résultent de la morphologie comparée me paraissent favoriser ce rapprochement.

Le parallélisme des noyaux et des chromatophores conduit à la recherche de nouveaux problèmes, amène une série de nouvelles questions. On peut se demander si tel ou tel phénomène se passe dans le développement de l'un et l'autre organe ou s'il est propre à l'un d'eux seulement ; une semblable question se pose à propos de l'absence des pyrénoïdes dans la plupart des chromatophores et de la présence constante de chromatine dans le noyau. On peut aussi se demander si, en dépit des résultats opposés des recherches antérieures, les chromatophores des Floridées et des Phæophycées (de même que ceux des Archégoniées et des Phanorogames) ne contiennent pas des pyrénoïdes distribués sous forme de granules très fin, comme la chromatine dans beaucoup de noyaux dépourvus de nucléoles. Les recherches ultérieures ne pourraient-elles pas de même faire connaître des cas où la division des chromatophores se rattacherait immédiatement à la division indirecte du noyau?

La plupart des questions de cette nature ne conduiraient pour le moment à aucun résultat. Mais, pour ce qui est d'autres questions, le résultat des recherches sera plus favorable ; les résultats acquis pour plusieurs d'entre elles ont été appréciés précédemment.

J'ai été moi-même conduit, en comparant les chromatophores avec les noyaux, à examiner la question de la formation nouvelle des chromatophores.

Les deux organes du protoplasma qui, à cause de leurs rap-

Digitized by Google

ports morphologiques, doivent être rapprochés l'un de l'autre, sont pourtant adaptés à des fonctions toutes différentes.

Par suite de cette différence dans les fonctions, la différenciation morphologique s'est produite évidemment dans des directions différentes et a donné naissance à des formes variées (par exemple aux noyaux riches en chromatine et aux chromataphores dépourvus de pyrénoïdes chez les Phanérogames). Mais si l'on remonte jusqu'au point de départ des deux séries, on reconnaît la concordance progressive du développement morphologique.

Il faut se demander maintenant si entre les deux formations et surtout entre les premiers termes des deux séries, il n'y aurait pas un rapprochement plus étroit que celui qu'entraîne l'accord des propriétés.

Ne peut-il arriver qu'un membre de l'une des séries puisse se rattacher à l'autre série en changeant de fonction, qu'un noyau puisse se transformer en chromatophore, et réciproquement; ou plutôt, puisque les changements de fonctions ne se font d'ordinaire que chez des organes jeunes, si un fragment nouvellement formé de noyau ne peut devenir chromatophore, et réciproquement? Un seul et même organe ne pourrait-il pas, dans certains cas, remplir les deux fonctions à la fois? Il résulte des données anciennes de la littérature qu'un tel phénomène s'accomplit quelquefois; que, par exemple dans les méristèmes, les noyaux forment à leur surface externe un grand nombre de petits chromatophores. Mais les recherches nouvelles ne fournissent aucun fait de ce genre, et mes propres recherches sur les algues ne m'ont jamais offert de cas d'une telle transformation ou d'un tel cumul de fonctions. Toujours les deux organes ont paru complètement séparés, et les deux fonctions si différentes qu'un organe adapté à l'une d'elle est incapable d'accomplir l'autre.

Tandis que les chromatophores et les noyaux ne peuvent échanger leurs fonctions ni remplir la fonction opposée en même temps que la leur, le protoplasma, lorsqu'un de ces deux organes vient à manquer, peut cumuler les deux fonctions en même temps. C'est ce qui arrive pour l'un et l'autre organe chez les

Digitized by Google

Thallophytes. On y connaît des cellules pourvues d'un noyau indépendant et dont le protoplasma remplit la fonction de chromatophore aussi bien que des cellules privées de noyaux et pourvues de chromatophores. Il y aussi des cellules dont le protoplasma ajoute à sa propre fonction celles du noyau et du chromatophore, notamment un grand nombre de cellules de Phycochromacées.

Nous devons encore nous demander en passant si, dans une cellule, les noyaux et les chromatophores peuvent être incomplètement séparés, de même que, dans la nature, des organes appartenant au même corps peuvent n'être qu'incomplètement différenciés. Il serait en effet remarquable qu'un noyau ou un chromatophore puisse être imparfaitement limité vis-à-vis du protoplasma cellulaire, leur substance fondamentale passant peu à peu à celle du protoplasma. Un tel fait n'a pas été constaté pour les noyaux. Je n'ai pu davantage l'observer pour les chromatophores. Aussi dois-je m'en tenir à la notion déjà acquise que, au moins parmi les algues, il n'existe pas de chromatophores incomplètement différenciés.

Conclusion. — La description précédente des chromatophores repose sur une longue série de recherches entreprises, dans le cours de l'année dernière, sur l'organisation des cellules des algues. Les résultats les plus importants que j'ai consignés avaient été déjà acquis, il y a plus de deux ans, pour un certain nombre d'algues, pendant un séjour que je fis à la Station zoologique de Naples. Je dus me demander aussitôt si ces résultats ne concernaient que quelques groupes d'algues ou s'ils s'appliquaient à toutes ces plantes, si l'on ne trouvait chez elles que des chromatophores différenciés et si ces organes ne se multipliaient que par division, si la formation libre n'intervenait jamais, dernière opinion à laquelle toutes les données présentes de la littérature s'opposaient entièrement. En réponse à cette question, j'entrepris sur les Phanérogames une série d'observations qui me conduisirent à des données absolument conformes aux résultats

Digitized by Google

antérieurs. Mais je m'aperçus bientôt que, par suite de la difficulté qu'il y a à distinguer les chromatophores dans les méristèmes et les organes sexuels des Phanéroganes et des Archégoniées, ces recherches exigeraient un temps beaucoup trop long; c'est pourquoi je me limitai à une étude comparée des algues, afin d'établir au moins, dans cette division du règne végétal, la valeur des résultats obtenus.

J'eus encore quelques difficultés à vaincre: les Characées, notamment, me retardèrent à cause de la difficulté qu'il y a à mettre en évidence les chromatophores dans les cellules terminales et les cellules sexuelles de ces plantes. Je réussis pourtant à démontrer que les résultats obtenus pour les autres algues avaient chez elles une égale valeur.

L'exposé des résultats obtenus s'adresse donc uniquement aux Algues, et rien n'indique jusqu'à quel point ces résultats sont vrais pour les Archégoniées et les Phanérogames. Des recherches ultérieures pourront seules nous renseigner à cet égard. Pourtant, le fait de leur valeur générale dans une des grandes divisions du règne végétal, rend très vaisemblable qu'ils ont une valeur égale dans les deux autres divisions des Archégoniées et des Phanérogames.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Afin de faciliter l'intelligence des figures, les chromatophores ont été légèrement ombrés, tandis que les pyrénoïdes, de même que les nucléoles des noyaux, ont reçu une teinte foncée; les dessins ont été faits sur des préparations durcies et colorées ou sur des cellules vivantes.

Fig. 1. *Licmophora flabellata* (traité par l'acide picrique et l'hématoxyline). Cellule avec deux chromatophores, vue de côté; chaque chromatophore possède un pyrénoïde en son milieu; entre les deux chromatophores, la masse protoplasmique avec un noyau.— Gross. 200.

Fig. 2. Le même. Cellule vue du côté dorsal.— Gross. 200.

Digitized by Google

Fig. 3. *Mesocarpus scalaris* (cellule vivante). Chromatophore isolé avec plusieurs pyrénoïdes ; au milieu le noyau, vu par transparence ; à la surface des chromatophores sont dispersés un certain nombre de globules de différentes grosseurs, situés dans la couche mince de protoplasma qui entoure le chromatophore. Les enveloppes amylacées sont dessinées sous forme de nombreux petits grains d'amidon. — Gross. 800.

Fig. 4 *Spirogyra* sp. (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Ruban chlorophyllien irrégulièrement lobé. Amas d'amidon avec l'enveloppe amylacée formé d'un grand nombre de petits grains ; pyrénoïdes un peu contractés : par suite l'étendue, réciproque des diverses parties de l'amas d'amidon apparaît clairement ; deux amas d'amidon au commencement de leur bipartition. — Gross. 800.

Fig. 5. *Œdogonium* sp. (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Chromatophore divisé en nombreux rubans allongés et confluents ; ces rubans renferment plusieurs amas d'amidon et de nombreux grains isolés. Enveloppe amylacée de l'amas d'amidon formée de gros grains séparés ; pyrénoïdes un peu contractés. Noyau au milieu de la cellule, entouré par le chromatophore pariétal. — Gross. 800.

Fig. 6. *Œdogonium* sp. (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Chromatophore, divisé sur les bords, avec des amas d'amidon isolés et de nombreux grains séparés. A côté de l'amas d'amidon, sur le côté interne du chromatophore, un noyau qui apparaît dans la figure par transparence.— Gross. 800.

Fig. 7. *Cladophora arcta* (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Demi-cellule avec un ruban chlorophyllien pariétal, irrégulièrement interrompu ; il renferme de nombreux amas d'amidon. A la face interne du chromatophore, nombreux noyaux. L'enveloppe amylacée sphérique des amas d'amidon apparaît, en coupe optique, formée de grains plus ou moins apparents.—Gross. 800.

Fig. 8. *Achnanthes longipes* (traité par l'acide osmique et la glycérine). Cellule vue du côté dorsal. Protoplasma un peu contracté. Chromatophores disciformes, pariétaux avec pyrénoïdes isolés. — Gross. 800.

Fig. 9. Le même. Chromatophores isolés. Division des pyrénoïdes. Les chiffres indiquent l'ordre des phases de la division.— Gross. 800.

Fig. 10. *Achnanthes subsessilis* (traité par l'acide osm. et la glyc.).

Digitized by Google

Cellule vue du côté dorsal, avec deux chromatophores.—Gross. 800.

Fig. 11. *Helminthocladia purpurea* (cellule vivante). Cellule corticale du thalle cylindrique, vue de face.—Gross. 800.

Fig. 12. Le même. La même cellule en coupe longitudinale optique. Autour du milieu du chromatophore étoilé, de nombreux grains d'amidon groupés en une couche sphérique. A côté du chromatophore, le noyau dans le protoplasma ambiant. Des filaments protoplasmiques partent du fond de la cellule et s'attachent, à moitié de sa hauteur, à la couche protoplasmique pariétale.—Gross. 800.

Fig. 13. *Draparnaldia glomerata* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Cellule d'une jeune tige. Chromatophore annulaire, pourvu d'un bord irrégulièrement lobé, traversé par un grand nombre de petites ouvertures, sur le point de passer à la forme treillissée des cellules caulinaires âgées. Plusieurs amas d'amidon de différentes grosseurs sont inclus dans le chromatophore. Le noyau, placé à la face interne du chromatophore, apparaît par transparence dans la figure. Des dentelures du chromatophore se détachent d'épaisses fibrilles protoplasmiques (figurées par une ligne ponctuée) qui s'attachent au bord de la paroi transversale de la cellule.—Gross. 800.

Fig. 14. *Draparnaldia glomerata* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Jeunes cellules des rameaux. Chromatophore sous forme de plaque pariétale recouvrant toute la surface cylindrique de la cellule, avec deux amas d'amidon. Noyau à la face interne du chromatophore. La figure montre le noyau placé sur le côté supérieur de la cellule cylindrique et les deux amas d'amidon contre les faces latérales.—Gross. 800.

Fig. 15. *Valonia macrophysa* (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Portion de la couche clorophyllienne pariétale. Chromatophores disciformes à bords finement dentelés, unis par de courtes ou longues fibrilles protoplasmiques. Quelques chromatophores avec des amas d'amidon, à enveloppe amylacée sphérique, ne présentant pas, en coupe optique, des grains bien évidents. Pyrénoïdes un peu contractés.—Gross. 800.

Fig. 16. *Nemalion multifidum* (cellule vivante). Cellule corticale du thalle cylindrique. A côté du centre de l'étoile chlorophyllienne, un noyau très net.— Gross. 800.

Digitized by Google

Fig. 17. *Podosira Montagnei* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Chromatophores disciformes, lobés, disposés en couche pariétale, sans pyrénoïdes.—Gross. 800.

Fig. 18. *Urospora mirabilis* (cellule vivante). Filaments cellulaires vus de face. Chromatophores disciformes avec pyrénoïdes nus, unis çà et là par des fibrilles protoplasmiques. Vacuoles dans le protoplasme entre les chromatophores. Noyau invisible dans la figure.—Gross. 400.

Fig. 19. *Euglena viridis* (cellule vivante). Cellule contractée longitudinalement, vue en coupe optique. Chromatophore étoilé avec nombreux grains de paramidon autour du centre (qui est, chez les divers individus, très diversement épaissi), et le long des prolongements étoilés. A l'extrémité antérieure du corps fait saillie, sur la trompe, le cil flagelliforme, et à côté se trouve le point rouge oculiforme ; à l'intérieur, le noyau. Le pyrénoïde se distingue rarement sur les cellules vivantes.— Gross. 800.

Fig. 20. *Euglena oxyuris* (traité par l'eau iodée et l'hématox.). Cellule presque entièrement développée, en coupe longitudinale optique. Au milieu, le noyau (*n*); dans la moitié postérieure, un chromatophore étoilé avec un pyrénoïde sphérique ; dans la moitié antérieure, un chromatophore (*b*) au début de sa bipartition ; le pyrénoïde étiré longitudinalement, un peu étranglé au milieu; grains de paramidon accumulés en grand nombre autour du centre des chromatophores ; *d*, vacuoles arrondies ; *o*, point oculiforme rouge ; *e*, trompe pourvue de son flagellum.

Fig. 21. *Bryopsis plumosa* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Chromatophores disciformes, en voie de division.— Gross. 800.

Fig. 22. *Hyalotheca mucosa* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Cellules isolées ou chromatophores isolés avec les diverses phases de la division de l'amas d'amidon. Protoplasma et chromatophores un peu contractés par l'acide picrique.

1. Chromatophore isolé ; enveloppe amylacée très grossièrement granulée. 2. Chromatophore au début de la division ; les prolongements du bord commencent à se fendre ; commencement de la division du pyrénoïde;— 3-5. Phases suivantes de la division de l'amas d'amidon ; division du pyrénoïde achevée ; 3. chromatophore complet avec enveloppe amylacée formée de très petits grains ; 4. Partie centrale du chromatophore avec l'amas d'amidon et l'enveloppe formée de grains plus gros ; 5.

Digitized by Google

la même enveloppe grossièrement granulée. — 6-8. Division du chromatophore terminée; les moitiés hémisphériques de l'enveloppe amylacée sont complétées par la formation de nouveaux grains d'amidon.— Gross. 800.

Fig. 23. *Porphyridium cruentum* (cellule vivante). Cellule en coupe optique. Chromatophore étoilé avec pyrénoïde arrondi. Noyau dans la portion la plus grande de la cellule; dans l'intervalle des prolongements courts du chromatophore, sont des gouttelettes brillantes isolées.— Gross. 1400.

Fig. 24. *Batrachospermum moniliforme* (cellule vivante). Cellule d'un rameau latéral, vue de face. Chromatophores disciformes, de grandeur et de forme différentes.— Gross. 1400.

Fig. 25. Le même, en coupe longitudinale optique. Protoplasma pourvu de nombreux grains d'amidon des Floridées.— Gross. 1400.

Fig. 26. *Striatella unipunctata* (traité par l'acide picr. et l'hém.). Masse protoplasmique médiane avec le noyau et les deux chromatophores en forme de demi-étoiles, dont l'un a subi la division. Nombreux pyrénoïdes rapprochés au milieu des chromatophores.— Gross. 400.

Fig. 27. *Zygnema* sp. (traité par l'acide picr. et l'hémat.). Cellule avec les deux chromatophores étoilés, en coupe longitudinale optique. Enveloppe amylacée des amas d'amidon formée de nombreux grains très petits. Pyrénoïdes contractés.— Gross. 800.

Digitized by Google

EXCURSIONS BOTANIQUES EN ESPAGNE

Par G. ROUY.

ORIHUELA, MURCIA, VELEZ-RUBIO, HELLIN, MADRID, IRUN.

(Mai 1881. — Juin 1882.)

(*Suite* [1])

2°. — LOCALITÉS NOUVELLES.

La plupart des plantes que, seul en 1881 ou en compagnie de M. A. Guillon en 1882, nous avons récoltées en Espagne, ont été prises par nous à des localités où elles ne sont point mentionnées dans le *Prodromus floræ Hispanicæ*, l'ouvrage le plus complet et le plus récent sur l'ensemble de la flore espagnole. Il est donc utile, dans le but d'arriver à une connaissance aussi exacte que possible de la végétation de la Péninsule, de signaler ces plantes à leurs localités nouvelles ; mais il m'a paru nécessaire de donner, en outre, l'énumération méthodique de toutes les espèces mentionnées dans le compte rendu qui constitue la première partie de ce Mémoire, car quelques-unes de ces plantes ont été signalées seulement d'après les indications de botanistes déjà éloignés de nous, tels que Cavanilles, La Gasca, Webb, etc., et il est bon, dès lors, de rappeler leur présence au même lieu à une date toute récente.

La liste suivante comprendra donc toutes les espèces, variétés ou formes rencontrées par moi en Espagne en 1881 et 1882. Les plantes dont les noms seront en italique n'avaient pas encore été signalées à la localité, ou à l'une des localités où je les indique ; ce sont par conséquent celles qui, au point de vue de la géographie botanique de la Péninsule, présentent le plus d'in-

[1] Voir numéro de décembre 1882.

Digitized by Google

térêt. En parcourant cette énumération, il sera facile d'apprécier, par le nombre relativement considérable des espèces soulignées, combien de découvertes restent à faire, même actuellement, dans ce riche pays d'Espagne, dont la flore, malgré les recherches consciencieuses des explorateurs, n'est encore que si imparfaitement connue.

Pour abréger, et afin d'éviter la répétition continuelle des noms de localités, j'ai attribué à chaque herborisation un numéro d'ordre indiqué dans le tableau ci-dessous :

ORIHUELA.

1. Cerro et col de San Miguel.
2. D'Orihuela à Callosa (*la huerta*).
3. Sierra de Callosa.
4. D'Orihuela à Urchillo (*la huerta*).
5. Cerro de Urchillo.
6. Plaine entre la ville et la gare (*la huerta*), salins de Beniel, coteau de la gare.

MURCIA.

1. De Murcia à Monte-Agudo.
2. Monte-Agudo.
3. De Murcia à Algezares.
4. D'Algezares à Fuensanta et rochers de Fuensanta.

VELEZ-RUBIO.

1. Cerro de Maimon Grande. Sierra de Maimon.
2. Cerro de la Pena alta. —

HELLIN.

1. Cerro del Pino.
2. Garrigues entre Hellin et la Sierra de las Cabras.
3. Sierra de las Cabras.
4. Salins d'Agramon.

IRUN.

1. Environs du bourg.
2. Coteau et ermitage de San Marcial.

Clematis Flammula L. Murcia, 4. — Thalictrum glaucum Desf. Murcia, 1. — Ranunculus Amansii Jord. var. *minor* Rouy. Irun, 2. —

Digitized by Google

R. muricatus L. De Lebrilla à Alhama. — R. arvensis L. Murcia 3. — *Nigella Damascena* L. Orihuela, 3. Hellin, 1. —Delphinium peregrinum L. (D. junceum DC.) Murcia, 4.

Hypecoum procumbens L. Puerto de Lumbreras.— H. grandiflorum Benth. Hellin, 1. Madrid: Casa de Campo. — *Glaucium corniculatum* Curt. Hellin, 1. — Rœmeria violacea Medik. Velez-Rubio, 1. — *Papaver dubium* L. Velez-Rubio, 2.

Platycapnos spicatus Bernh. Hellin, 3. — *P. grandiflorus* Rouy Velez-Rubio, 2. — Fumaria capreolata L. var. albiflora Ham. (F. pallidiflora Jord.) Hellin, 1.

Matthiola lunata DC. Velez-Rubio : serrata del Castellon. — M. tristis R. Br. Velez-Rubio, 1. — *Malcomia Castellana* Rouy. Madrid : Casa de Campo. — Sisymbrium Irio L. Orihuela, 1.— S. contortum Cav. Madrid : Casa de Campo. — S. Columnæ Jacq. Hellin, 1. — S. polyceratium L. Madrid : Casa de Campo. — Moricandia arvensis DC. Abondant aux environs de Murcia, Orihuela, Totana, Hellin ; plus rare vers Puerto de Lumbreras. — *Brassica lævigata* Lag. Madrid : Casa de Campo. — *B. Cossoniana* B. et R. Orihuela, 1, 3. Murcia, 8. Alhama. Hellin, 3. — Erucastrum incanum Koch. Murcia, 3. Puerto de Lumbreras. — *E. Bæticum* Lge (Brassica Bætica Boiss.). Murcia, 4. Velez-Rubio, 2. — *E. pseudo-Sinapis* Lge. Puerto de Lumbreras. — Diplotaxis virgata DC. De Puerto à Velez. — D. Lagascana DC. (Pendulina Lagascana Willk.) Orihuela, 5; de Totana à Lorca. — var. *Webbiana* Rouy (P. Webbiana Willk.). Orihuela, 6. de Totana à Lorca. — var. *intricata* Rouy (P. intricata Willk.). De Totana à Lorca. Puerto de Lumbreras. — Eruca vesicaria Cav. Hellin, 1, 2. — *E. stenocarpa* B. et R. Velez-Rubio, 1. — var. major Rouy (E. orthosepala Lge). De Totana à Lorca. — Koniga maritima R. Br. Hellin, 1. — var. *rubescens* Rouy. Orihuela, 1, 5. — K. spinosa Spach. Velez-Rubio, 2. — Alyssum montanum L. Velez-Rubio, 2. — A. campestre L. Puerto de Lumbreras. — var. *minus* Rouy. Velez-Rubio, 1, 2. — *A. Granatense* B. et R. Hellin, 3.— *Carrichtera Vellæ* DC. Orihuela, 3. Murcia, 4.— Vella spinosa Boiss. Velez-Rubio, 2. — Biscutella ambigua DC. var. *Lusitanica* Rouy (B. Lusitanica Jord.). Murcia, 4. — B. stenophylla Duf. Velez-Rubio 1. Hellin, 1. — B. auriculata L. Velez-Rubio, 1, 2. Hellin, 2. — var. *erigerifolia* Willk. (B. erigerifolia DC.). Velez-Rubio, 1. — Lepidium Draba L. Orihuela, 2. — L. graminifolium L. Orihuela, 2. — Senebiera didyma Pers. Irun. 1. — *Guiraoa arvensis* Coss. De Totana à Lorca. — Rapistrum rugosum All. Murcia, 3. de Lebrilla à Alhama. Velez-Rubio, 1.

Capparis spinosa L. Orihuela, 5. Murcia, 2. De Totana à Lorca.

Digitized by Google

Cistus albidus L. Hellin, 4. — *C. Clusii* Dun. Hellin, 4. — *Helianthemum lavandulæfolium* DC. Orihuela, 5. Puerto de Lumbreras. Hellin, 2. — H. hirtum Pers. Hellin, 3. — var. *aureum* Dun. Velez-Rubio, 1. — *H. racemosum* Dun. var. *farinosum* Dun. Orihuela, 1, 6. Hellin, 2. — *H. strictum* Pers. Hellin, 1. — *H. lineare* Pers. Puerto de Lumbreras. — var. *scopulorum* Rouy. Velez-Rubio, 2. — H. squamatum Pers. Orihuela, 6. Hellin, 2. — *H. cinereum* Pers. var. Lagascanum Dun. Velez-Rubio, 2. — *H. paniculatum* Dun. Orihuela, 5, 6. Hellin, 2. — var. *longifolium* Willk. Orihuela, 5. — H. marifolium DC. Hellin, 3. — var. cinerascens Willk. Murcia, 4. — var. *niveum* Willk. (H. dichroum Kze). Hellin, 1. — Fumana lævipes Spach. Orihuela, 1, 3. — *F. glutinosa* Boiss. Orihuela, 1. Hellin, 1, 3. — var. juniperina Willk. (H. juniperinum Lag.). Orihuela, 5.

Viola arborescens L. Orihuela, 5. Murcia, 4. Hellin, 1, 3.

Polygala depressa Wend. Irun, 2. — P. vulgaris L. Irun, 2 — P. *rupestris* Pourr. Orihuela, 1, 5. Murcia, 2. Hellin 1, 3. — *P. Monspeliaca* L. Orihuela, 4. — P. exilis DC. Puerto de Lumbreras.

Reseda Bætica J. Gay. Velez-Rubio, 2. — R. Gayana Boiss. Murcia, 4. Hellin, 2. — var. *brevipes* Rouy (R. leucantha Hegelm). Orihuela, 3, 5, 6. Hellin, 1. — R. Phyteuma L. var. *integrifolia* Texid. Orihuela, 3, 5. Hellin, 1. Madrid: Casa de Campo. — R. *stricta* Pers. Puerto de Lumbreras. Hellin, 1, 2. — var. *Funkii* Willk. Hellin, 2. — R. *lanceolata* Lag. De Totana à Lorca. De Puerto à Velez. — var *trisecta* Rouy (R. constricta Lge). De Totana à Lorca. De Puerto à Velez. — R. lutea L. var. *hispidula* J. Mull. Hellin, 3. — var. maritima. J. Mull. Orihuela, 1, 5. — var. *stricta* J. Mull. De Puerto à Velez. — var. *pulchella* J. Mull. De Totana à Lorca. De Puerto à Velez. — var. *brevipes* Rouy. Murcia, 3, 4. — R. virgata B. et R. Madrid: bord de la route de Ségovie.

Frankenia pulverulenta L. Orihuela, 1, 3. Puerto de Lumbreras. — F. *Reuteri* Boiss. Orihuela, 6. Hellin, 4.

Agrostemma Githago L. Velez-Rubio. — *Melandrium macrocarpum* Willk. Murcia, 3. Hellin, 3. — Silene Cucubalus Wib. var. *breviflora* Rouy. Velez.-Rubio, 2. Hellin, 5. — var. *rupicola* Bor. Irun, 2. — var. *lancifolia* Rouy. Hellin, 2. — S. Saxifraga L. Velez-Rubio, 2. — var. *Hispanica* Rouy. Velez-Rubio, 2. — *S. inaperta* L. Puerto de Lumbreras. — S. colorata Poir. var. vulgaris Willk Madrid: Casa de Campo. — *S. glauca* Pourr. Orihuela, 3. Hellin, 3. — var. *minor* Rouy. Hellin, 1. — S. nocturna L. var. *micrantha* Willk. (S. permixta Jord). Hellin, 1. — S. Gallica L. Irun, 2. — *S. cerastioides* L. (S. coarctata Lag). Hellin, 3. — Saponaria ocymoides L. Velez-Rubio, 2. —

Digitized by Google

Dianthus Broteri B. et R. var. *macrophyllus* Willk. (D. Valentinus Willk.). Orihuela, 1, 3. Hellin, 1, 3. —D. brachyanthus Boiss. var. montanus Willk. Velez-Rubio, 1, 2. — Velezia rigida L. Murcia, 2.— Sagina procumbens L. Irun, 2.— *Buffonia tenuifolia* L. De Puerto à Velez. - Alsine tenuifolia Crantz var. *confertiflora* Fenzl (A. conferta Jord). Hellin, 1. — A. *procumbens* Fenzl. Murcia, 2. Alhama. Hellin, 1. — Arenaria grandiflora L. Velez-Rubio, 1. — A. *obtusiflora* Kze. Velez-Rubio, 2. Hellin, 1. — A. *capitata* Lam. Velez-Rubio, 1. — Cerastium Riæi Desm. Velez-Rubio, 2. — C. Boissieri Gren. Velez-Rubio, 1. — *Spergularia media* Pers. Hellin, 4.— S. rubra Pers. var. longipes Lge. Madrid : Casa de Campo. — S. campestris Willk. Murcia, 4. — S. *diandra* Boiss. Hellin, 1, 2. — Linum Narbonense L. Hellin, 1, 2. — L. suffruticosum L. Velez-Rubio, 1, 2. — L. *strictum* L. Orihuela, 1. Hellin, 1. — L. *maritimum* L. Orihuela, 6. — *Lavatera maritima* Gouan. Orihuela, 1, 3. Hellin, 3. — L. *triloba* L. Orihuela, 2. Velez-Rubio, 2. — L. Cretica L. (L. silvestris Brot). Murcia, 3. — *Althæa hirsuta* L. Hellin. 3. — *Malva Hispanica* L. Orihuela 5. Hellin, 2. Madrid : Casa de Campo. — M. Ægyptia L. Hellin, 2. — M. silvestris L. Irun, 1. — *M. Nicæensis* All. Orihuela, 1. Hellin, 1. — *M. microcarpa* Desf. Orihuela, 1. Murcia, 3.

Geranium purpureum Vill. Velez-Rubio, 1. — Erodium cheilanthifolium Boiss. Velez-Rubio, 2.— E. malacoides L'Hérit. var. subtrilobum Lge (E. subtrilobum Jord.). Murcia, 2.— *E. moschatum* L'Hérit. Irun, 1. — E. Chium Willd. var. *Murcicum* Rouy (E. *Murcicum* Willd). Orihuela 1.

Androsæmum officinale All. Irun, 1.— Hypericum ericoides L. Velez-Rubio, 2.

Oxalis corniculata L. Irun, 1.

Zygophyllum Fabago L. Orihuela 6. Murcia, 3. — Fagonia Cretica L. Orihuela, 3, 5.

Peganum Harmala L. Orihuela 2, 6. Murcia, 2, 3. De Lebrilla à Alhama. — Ruta montana Clus. Orihuela, 3. — R. angustifolia Pers. Orihuela, 1.—R. bracteosa DC. Irun, 2.— *Haplophyllum Hispanicum* Spach. Hellin, 2.

Rhamnus oleoides L. Orihuela, 3. — *Rh. lycioides* L. Orihuela, 3. Velez-Rubio, 3.— *Zizyphus Lotus* Lam. De Lorca à Totana. Rambla de Puerto.

Pistacia Lentiscus L. Hellin, 3.

Ulex Europæus Sm. var. *pubescens* Irun, 2.— Genista umbellata Poir. Hellin, 2.— G. Lobelii DC. Velez-Rubio, 2.— *Cytisus Fontanesii* Spach. Hellin, 2. — Calycotome spinosa Link. Velez-Rubio, 1. — Retama

Digitized by Google

sphærocarpa Boiss. De Puerto à Velez. Hellin, 2. Madrid : Casa de Campo. — *Ononis tridentata* L. var. *angustifolia* Lge s.-var. *dentata* Villk. Orihuela, 5. — O. Sicula L. Murcia, 4. — O. reclinata L. var. minor Moris (O. mollis Savi). Hellin, 1. — O. *ornithopodioides* L. Hellin, 1, 3.—*O. Hispanica* L. f. Orihuela 5. Murcia, 2, 4.— O. ramosissima Desf. var. *vulgaris* Willk. De Puerto à Velez. — O. Natrix L. var. *media* Boiss. (O. picta Desf.). Hellin, 3. — O. procurrens Wallr. Orihuela 2. Velez-Rubio, 1. — O. minutissima L. var. *calycina* Willk. (O. barbata Cav.). Orihuela, 1. — O. Columnæ All. var. *calycina* Rouy Hellin, 1, 3. — O. brachyantha Rouy. Velez-Rubio, 1. — Anthyllis tetraphylla L. Velez-Rubio : serrata del Castellon. — A. lotoides L. Madrid : Casa de Campo. — A. cytisoides L. Puerto de Lumbreras. De Puerto à Velez. Hellin, 2.— A. *genistoides*. Duf. Orihuela, 5. Puerto de Lnmbreras. — A. sericea Lag. Hellin, 2. — A. *Arundana* Boiss. et Reut. Hellin, 1. — A. onobrychioides Cav. Hellin, 1, 3. — *Medicago Helix* Willd. var. *spinulosa* Moris. Hellin, 1.— *Melilotus Neapolitana* Ten. Hellin, 3. — *M. parviflora* Desf. Hellin, 2. — M. elegans Salzm. Hellin, 3. — *M. sulcata* Desf. var. *angustifolia* Willk. Hellin, 2. — *Trifolium lappaceum* L. Hellin, 2. — T. scabrum L. Hellin, 1. — T. procumbens L. var. *majus* Koch. Hellin, 3. — Dorycnium suffruticosum Villk. Orihuela, 5. — var. *Hispanicum* Rouy. Puerto de Lumbreras. Hellin, 2.— Lotus siliquosus L. Orihuela, 4.— *Astragalus Narbonensis* Gouan. Puerto de Lumbreras.— *A. incurvus* Desf. Velez-Rubio 2. Hellin, 1.—A. Glaux, L. Velez.-Rubio, 1.— *A. pentaglottis* L. De Totana à Lorca. — Biserrula Pelecinus L. Madrid : Casa de Campo. — Psoralea bituminosa L. Orihuela, 1, 3. Hellin, 1. — Vicia sativa L. var. *triflora*, Irun, 1. — *V. onobrychioides* L. Velez-Rubio, 1. — *V. elegantissima* Shuttl. Hellin. 3.—*V. gracilis* Lois. Orihuela, 4.—*Lathyrus Clymenum* L. Puerto de Lumbreras. — L. *Cicera* L. Velez-Rubio, 2. — *Coronilla juncea* L. Orihuela, 5. Hellin, 3. — C. minima DC. var. australis G. et G. (C. Clusii Duf.). Murcia, 4. — C. scorpioides Koch. Hellin, 2. — *Hippocrepis glauca* Ten. Puerto de Lumbreras. — H. comosa L. var. prostrata Boiss. Velez-Rubio, 1. — *H. squamata* Coss. Hellin, 2. — *H. ciliata* Willd. Hellin, 1. — *Onobrychis stenorhiza* DC. Velez-Rubio, 2. Hellin, 2. — Scorpiurus subvillosa L. Orihuela, 4.

Acacia Farnesiana Villd. Orihuela, 4.

Rubus discolor W. et N. Velez-Rubio, 1. — Rosa sempervirens L. Irun, 1. — var. *microphylla* DC. Irun, 1. — *R. Cantabrica* Crép. Irun, 1.— R. Pouzini Tratt. var. nuda Gren. (R. Hispanica B. et R.) Madrid : Casa de Campo. — var. Diomedis Crép. (R. Diomedis Gren.) Madrid : Casa de Campo. — R. canina L. var. *suffulta* Christ. Madrid :

Digitized by Google

Casa de Campo. — *R. agrestis* Savi. Velez-Rubio, 1. — *R. Almeriensis* Rouy. Velez-Rubio, 1. — *Poterium Magnolii* Spach. Orihuela '5. Velez-Rubio, 1.

Epilobium hirsutum L. Velez-Rubio, 1. — Lythrum acutangulum Lag. Orihuela, 4. Murcia, 1. — L. Salicaria L. Velez-Rubio, 1.

Tamarix Hispanica Boiss. et Reut. Hellin, 4.

Telephium Imperati L. Velez-Rubio, 2. — Polycarpon tetraphyllum L. Murcia 2. Irun, 1. — *Herniaria polygonoides* Cav. Orihuela 1. de Puerto à Velez. Puerto de Lumbreras.— var. *intermedia* Rouy. Murcia, 4. — Var. *diffusa* Rouy (H. paniculata Webb). Orihuela 3. Hellin, 3.— *H. fruticosa* L. De Puerto à Velez. Hellin, 3. — H. cinerea DC. De Totana à Lorca.— *Queria Hispanica* L. Velez-Rubio, 2. Hellin, 1.— Paronychia argentea Lam. Orihuela 1. Hellin, 1. — P. *nivea* DC. De Puerto à Velez. Velez-Rubio 1. Hellin, 1. — *P. capitata* Lam. Orihuela, 1. — *P. aretioides* DC. De Puerto à Velez. Velez-Rubio, 1, 2. Hellin, 1. — Lœflingia Hispanica L. Madrid : Casa de Campo.

Umbilicus pendulinus DC. Irun, 1. — U. Gaditanus Boiss. Murcia, 4.— *U. hispidus* DC. Hellin, 1.— *Sedum Clusianum* Guss. Orihuela, 5. — *S. gypsicolum* B. et R. Hellin, 1. — S. Anglicum Huds. var. Raii Lge (S. arenarinm Brot.). Irun, 2. — *S. hirsutum* All. Irun, 2. — S. altissimum Poir. Murcia, 2.

Mesembryanthemum nodiflorum L. Orihuela, 1, 6. Murcia, 2. — *Aizoon Hispanicum* L. Orihuela, 6. Hellin, 4.

Elæoselinum Lagascæ Boiss. Orihuela 6. Murcia 4. Hellin, 1. — Thapsia villosa L. Murcia, 4. De Puerto à Velez. Madrid : Casa de Campo.— *Orlaya platycarpos* Koch. Velez-Rubio, 1.— *Daucus polygamus* Gouan. Irun, 2.— *Duriæa Hispanica* B. et R. Hellin, 1, 2.— *Caucalis leptophylla* L. Hellin, 1. — Torilis heterophylla Guss. Madrid : Casa de Campo. — Ferula communis L. Madrid : Casa de Campo.— Œnanthe peucedanifolia Poll. var. *major* Rouy. Murcia, 3. — Chærophyllum nodosum Lam. Velez-Rubio, 1. — Scandix Pecten Veneris L. Murcia, 1. — *S. pinnatifida* Vent. var. velutina Coss. Velez-Rubio, 2. — Sium latifolium L. Orihuela, 4.— *S. angustifolium* L. Orihuela, 4.— *Ammi majus* L. et var. *intermedium* G. et G. Murcia, 1. — *Ptychotis ammoides* Koch. Orihuela 1. Alhama.—*Pimpinella dichotoma* Cav. Hellin, 1. — Apium graveolens L. Irun, 1. — Petroselinum peregrinum Lag. Irun, 2. — *Bupleurum opacum* Lge. Hellin, 1. — *B. semicompositum* L. Hellin, 4.— *Hippomarathrum pterochlœnum* Boiss. Puerto de Lumbreras.—Eryngium campestre L. Murcia, 2, 4. Alhama.— E. *ilicifolium* Lam. Murcia, 4. Puerto de Lumbreras,

Rubia peregrina L. var. *angustifolia* G. et G. (R. angustifolia L. ;

Digitized by Google

R. longifolia Poir.). Orihuela 3. Murcia 1. — *Galium aciphyllum* Willk. et Costa. var. *cæspitosum*. Velez-Rubio, 1. — var. *longicaule* Velez-Rubio, 2. — G. fruticescens Cav. De Puerto à Velez. Velez-Rubio, 1. — G. Murcicum B. et R. Murcia, 4. — Galium saccharatum All. Murcia, 2. — *G. Aparine* Lge. Velez-Rubio, 2. — *G. setaceum* Lam. Orihuela 1, 3. Murcia 4. De Puerto à Velez. Hellin, 1. — G. Parisiense L. var. *vestitum* G. et G. (G. litigiosum DC.). Velez-Rubio, 1. — *G. decipiens* Jord. Hellin, 1. — var. *depauperatum* Rouy (G. Chamæaparine Willk. et Costa). Hellin, 1. — G. verticillatum Danth. Velez-Rubio, 2. — Vaillantia muralis L. Hellin, 1. — V. hispida L. Murcia, 4. Alhama. Hellin, 1. — *Callipeltis cucullaria* DC. Murcia, 4. De Puerto à Velez. Velez-Rubio, 1, 2. Hellin 1, 3. — Asperula scabra L. f. var. *macrosiphon* Lge. Orihuela, 1. Murcia, 4. — var. brachysiphon Lge. Orihuela, 5. Hellin, 1. — A. arvensis L. Hellin, 2. — Crucianella angustifolia L. De Puerto à Velez. Hellin, 1. — *C. patula* L. Hellin, 2.

Centranthus Calcitrapa Dufr. De Puerto à Velez. Hellin, 1. 3.

Scabiosa Monspeliensis Jacq. Orihuela 1, 3. De Puerto à Velez. Velez-Rubio, 1. Hellin, 1, 3. — var. *subacaulis* Rouy. Orihuela 5. Hellin, 1. — S. maritima L. var. *grandiflora*. Boiss. (S. grandiflora Scop., S. Cupani Guss.). Orihuela, 1, 5. Murcia, 1. — S. tomentosa Cav. Velez-Rubio, 2. — *Trichera subscaposa* B. et R. (sub Knautia) Velez-Rubio, 2.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

LA

MINÉRALOGIE D'APRÈS HÉRODOTE, CTÉSIAS

ET LES MONUMENTS ÉGYPTIENS

Par M. J. THOULET.

(*Suite et fin* [1].)

Près de l'empire Perse s'étend une vaste contrée qui, bien qu'ayant excité à diverses reprises la convoitise des conquérants asiatiques et européens, ne perdit cependant jamais sa liberté grâce à la vaillance de ses habitants et surtout grâce à une configuration géographique que la nature semble avoir faite à dessein pour repousser l'invasion : c'est la Scythie. Les anciens ne lui donnaient pas de limites très précises : tantôt ils la faisaient commencer au Danube, tantôt ils la plaçaient entre la mer Caspienne et le lac d'Aral, et ils l'étendaient indéfiniment au nord et au nord-est de cette dernière mer. A vrai dire, ils appelaient Scythes tous les barbares des régions septentrionales de l'Europe et plus spécialement de l'Asie. Ils partageaient la Scythie entre une foule de peuplades ou tribus de noms différents ; cette confusion géographique et politique avait son explication, non seulement dans l'état de barbarie de ces peuples, mais encore dans leur vie nomade qui les faisait sans cesse changer la place de leurs campements selon les hasards des saisons ou ceux des invasions étrangères. Attaqués d'abord par Cyrus, ils le battirent, le tuèrent (—529) et leur reine Tomyris enferma son cadavre dans une outre remplie de sang, afin, dit-elle, d'assouvir la soif de sang du conquérant [2]. Vers —508, Darius Ier entra sur leur territoire ; les Scythes inaugurèrent ce genre de combat

[1] Voir numéro de mars 1883.

[2] Hérod., I, 214.

Digitized by Google

qui, plus de deux mille ans plus tard, devait sauver leurs descendants des attaques d'un autre conquérant : ils reculèrent, faisant le désert derrière eux, mais combattant toujours, et forcèrent enfin à battre en retraite leurs ennemis exténués de fatigues et de privations, décimés par les flèches d'une cavalerie insaisissable. Cette campagne de Darius en Scythie est le premier échec sérieux éprouvé par la puissance perse, que les guerres médiques allaient ébranler bien plus cruellement encore ; elle marque le premier pas dans cette voie de décadence qui devait aboutir à l'anéantissement de l'empire du grand roi sous Alexandre. Ce dernier essaya aussi de réduire les Scythes, mais ce fut en vain.

Les indications fournies par Hérodote sur ces peuples sont vagues et tellement mélangées de fable qu'il est impossible d'y faire la part de la réalité et celle de l'erreur. Nous n'en parlons ici presque que pour mémoire. Ainsi, sous le règne des trois fils de Targitas, premier habitant de la Scythie[1], on vit tomber du ciel plusieurs objets d'or, une charrue, un joug, une hache et une coupe ; les deux frères aînés s'approchèrent et ne purent les ramasser parce qu'ils étaient brûlants, le plus jeune fut seul capable de les manier et de les emporter, et cette heureuse fortune lui valut la royauté. Les Scythes prétendent que ce phénomène eut lieu mille ans avant l'invasion de Darius. Il est curieux de remarquer que la haute température des météorites au moment de leur chute, car il ne s'agit ici que de météorites, est déjà mentionnée et, en outre, le fait de la fabrication d'objets usuels avec le métal extra-terrestre vient corroborer cette opinion que les fers météoriques au moyen desquels les Sibériens et les Groënlandais font maintenant encore la pointe de leurs flèches, jouèrent un rôle important dans la métallurgie antique et peut-être même donnèrent aux hommes les premières notions du fer.

Ces peuples Scythes menaient une vie pastorale, avaient une

[1] Hérod., IV, 5.

Digitized by Google

industrie toute rudimentaire ; cependant Hérodote prétend[1] qu'ils doraient le crâne de leurs ennemis et s'en servaient en guise de coupe, mais pour cela il n'est point besoin d'une habileté bien extraordinaire. Ils ne faisaient usage que d'objets d'or, peut-être parce que ce métal se présente naturellement dans un état de pureté et avec une malléabilité qui facilitent sa mise en œuvre ; l'Oural et l'Altaï ont d'ailleurs une foule de gisements aurifères avantageusement exploités de nos jours, et on prétend même que le nom d'Altaï signifie or en langue tartare. C'est ainsi que les Scythes enterraient des coupes de ce métal dans les tombeaux de leurs rois ; ils ne possédaient ni argent ni airain. Il est toutefois difficile de concilier cette allégation avec une légende rapportée par le même auteur. Entre le Borysthène (Dniéper) et l'Hypanis (Bug), un lieu nommé Exampée[2], à quatre jours de navigation du Pont-Euxin, est célèbre par une vaste chaudière d'airain faite de pointes de flèches dont chacune avait été fournie par un Scythe : il est donc prouvé que ces peuples connaissaient le cuivre ; en outre, à supposer qu'ils ne fissent point de cas de l'or, ce métal, quelque abondant qu'il soit, est encore trop rare dans la nature pour qu'on en fabrique des objets aussi communs, chez une population guerrière, que des pointes de flèches. Au même endroit, on remarquait une fontaine amère dont les eaux se mêlaient à celles de l'Hypanis et les rendaient mauvaises à boire ; on a supposé qu'il s'agissait tout simplement de l'eau de la mer, qui remonte jusqu'à Nicolaïef.

Une autre légende, que nous citons parce qu'elle a pour objet une pierre, montre une fois de plus qu'en dépit du progrès accompli par l'humanité, les croyances des peuples ne varient guère dans le cours des siècles. Au bord du Tyras[3], fleuve de Scythie, on voyait sur une roche une trace d'Hercule en forme d'un pied humain de la longueur de deux coudées. Aujourd'hui,

---

[1] Hérod., IV, 65.
[2] Hérod., IV, 81.
[3] Hérod., IV, 82.

Digitized by Google

à Ceylan, sur le pic d'Adam, les Indous révèrent l'empreinte d'un pied de Bouddha selon les uns, d'Adam lui-même ou de saint Thomas suivant les autres, et l'on retrouverait aisément, sans sortir d'Europe, des miracles du même genre et d'origine plus récente encore.

Hérodote parle de l'ambre et de l'étain [1]; mais si, à l'ordinaire, le Père de l'Histoire admet sans discussion les récits les plus invraisemblables, il montre une telle circonspection à propos de l'étain, qu'il nie ce que nous savons être véritable et refuse de croire que l'ambre provient de la mer septentrionale. Or, cette substance se recueille précisément à l'embouchure de la Vistule et du Niémen. Il ne croit pas davantage à l'existence des îles Cassitérides et se borne à dire que l'ambre et l'étain arrivent des extrémités de la terre. On ignore maintenant encore quelles sont ces îles mystérieuses, ignorance attribuable en partie à ce que le nom pouvait s'appliquer à tous les gisements d'étain situés dans des îles, aux Scilly ou tout proche de la mer, comme dans le Cornouailles, en Bretagne et en Galice.

Pendant longtemps, Hérodote et Diodore de Sicile ont été à peu près les uniques sources où il était possible de puiser des renseignements sur l'histoire, les mœurs et les connaissances des anciens Égyptiens; aujourd'hui, la découverte d'innombrables documents originaux, le déchiffrement des caractères hiéroglyphiques et cunéiformes, et les recherches philologiques des érudits modernes, ont ouvert à la critique historique un vaste horizon et toute la vie politique, sociale et religieuse des peuples de l'Orient s'est dévoilée subitement. L'étude des sciences minéralogiques et métallurgiques chez les Égyptiens a tiré grand profit de ces découvertes. Dans l'examen auquel nous nous livrons en ce moment de l'œuvre d'Hérodote, nous ne nous restreindrons pas exclusivement aux données de l'auteur grec, et, dans le but d'offrir un tableau plus complet du développement scientifique à cette époque, nous nous garderons de refuser l'aide de

[1] Hérod., III, 115.

Digitized by Google

travaux plus récents. Parmi les documents qui nous ont le plus servi pour cette partie de notre étude, nous signalerons le mémoire intitulé : *Les métaux dans les inscriptions égyptiennes*, par R. C. Lepsius, traduit de l'allemand par M. W. Berend et publié dans la bibliothèque des Hautes-Études [1]. La Grèce procède matériellement des peuples du Nord, car les Pélasges venaient de la Thrace, et les Hellènes, qui les chassèrent, avaient eux-mêmes traversé la Thessalie ; mais intellectuellement elle dut à ses voisins méridionaux et orientaux les premiers principes des sciences et des arts, semence fertile, destinée à germer, à grandir et à porter bientôt les fruits si merveilleux de la civilisation hellénique. Cette loi semble générale dans l'histoire ; les hommes ont marché du nord au sud et les idées du sud au nord. Cécrops fondait Athènes, Erechthée apprenait aux habitants de l'Attique comment se cultive le blé, Danaüs apportait la civilisation dans le Péloponèse et Lélex à Mégare ; tous arrivaient d'Égypte. Le Phénicien Cadmus bâtissait Thèbes et enseignait aux Béotiens le plus précieux des arts, l'écriture, qui fixe la pensée et lui permet de braver le temps; le Phrygien Pélops débarquait dans l'ouest du Péloponèse et laissait son nom à sa nouvelle patrie. La civilisation grecque apparaît au moment où s'accomplissent autour du bassin oriental de la Méditerranée la proscription des Hycsos ou impurs, la sortie des Hébreux et les conquêtes de Sésostris, graves événements dont le contre-coup, en créant une nation nouvelle, allait avoir tant d'influence sur l'esprit humain. Ainsi va le monde : l'enfant remplace le vieillard, les berceaux se remplissent, les tombes se ferment ; tout meurt ici-bas, sauf la foi en la vérité et l'espoir en ce qui est meilleur, sentiments éternellement jeunes dans le cœur des hommes.

Nous trouvons dans Hérodote et à propos de l'Égypte, la première théorie géologique complète, et les passages de son second livre où elle est énoncée devraient lui valoir le titre de Père de la Géologie. Il reconnaît en effet que l'Égypte a été autrefois un

---

[1] 30e fascicule, 1877.

Digitized by Google

golfe marin allongé comparable à la mer Rouge, et que les sédiments apportés par le Nil pendant une suite extrêmement considérable d'années se sont lentement amoncelés pour produire la configuration actuelle ; il suppose que le phénomène s'est prolongé pendant dix à vingt mille années. La durée des temps ne l'effrayait pas plus qu'elle n'effraie aujourd'hui Darwin. Cette idée ne semblait pas extraordinaire aux anciens, tandis que pendant le moyen-âge elle fit peur, sans doute à cause d'une obéissance trop passive à la lettre des livres religieux ; de nos jours, elle est admise de nouveau, en conséquence des études géologiques. La stratigraphie et la paléontologie ont tellement élargi l'horizon des temps, que si parfois l'intelligence s'arrête épouvantée à la pensée de millions de siècles, elle est forcée de s'incliner devant les inductions rigoureuses tirées d'un fragment de coquille ou de la simple empreinte d'un végétal ou d'un animal inférieur.

La théorie d'Hérodote n'est pas une conception de l'esprit née fortuitement et confirmée ensuite par un heureux hasard : elle se base sur de véritables observations identiques à celles des savants modernes. Il remarque la configuration spéciale de l'Égypte « qui s'étend plus loin dans la mer que les pays contigus [1] », les coquillages qui se trouvent dans les montagnes et les efflorescences salines ; il compare le sol à celui des contrées voisines et constate qu'il ne ressemble ni à celui de l'Arabie ni à ceux de la Libye et de la Syrie. Le premier, noir et friable, est un limon, une alluvion ; le sol de la Lybie est plus rouge, plus sablonneux ; celui de l'Arabie ou de la Syrie plus argileux, plus caillouteux. C'est de la véritable géologie comparée. Hérodote, à propos du Delta et sans se douter du très grand nombre d'années nécessaires à sa formation, ne laisse cependant pas que de qualifier celle-ci de récente [2]. Ce mot seul renferme tout l'esprit de la géologie moderne ; pour le retrouver, il faudra attendre plus de deux mille ans. L'historien cite comme termes de com-

[1] Hérod., II, 12.
[2] Hérod., II, 15.

Digitized by Google

paraison plusieurs autres plaines d'alluvion, celles qui entourent Ilion, Teuthranie, Éphèse, et la vaste plaine du Méandre en Asie-Mineure, ainsi que les sédiments de l'Achéloüs en Grèce, qui ont déjà réuni au continent la moitié des îles Échinades [1].

Il est à remarquer que Lyell, après avoir traité la même question [2], n'est pas plus avancé que le savant grec. Les observations nautiques du lieutenant Newbold, les sondages pratiqués en 1850 par M. Horner, avec les conseils de la Société royale de Londres, près de la base du piédestal qui supporte la statue colossale de Ramsès, dont le règne remonterait à 1361 ans avant J.-C., ont fourni certains nombres qu'il est inutile de citer parce que la découverte subséquente et indiscutable des affaissements éprouvés par l'Égypte les a fait révoquer en doute sans permettre de les remplacer par de plus exacts.

Cette terre des Pharaons avait un antique renom de richesse. Dans l'*Odyssée* [3], nous avons vu que lorsque Télémaque, à la recherche de son père, arrive à Lacédémone chez le roi Ménélas, celui-ci lui raconte comment, à son retour de Troie, il a été jeté par la tempête sur les rivages de la contrée baignée par le fleuve Égyptos et en a rapporté de précieux dons. « Polybe, qui habite Thèbes d'Égypte, où de splendides palais renferment d'immenses richesses [4] » lui a donné deux grands bassins d'argent, deux trépieds et dix talents d'or ; Alcandre, épouse de Polybe, a offert à Hélène « une quenouille d'or et une corbeille d'argent massif bordée d'un cercle d'or ». Cependant l'Égypte proprement dite, presque entièrement formée par les alluvions du Nil, ne possède aucune mine sur son propre territoire et, pour se procurer les métaux, elle devait les exiger des peuples vaincus à titre de tributs et surtout tenir sous sa domination les districts miniers voisins. Cette disette de métaux exerça une influence

---

[1] Hérod., II, 10.
[2] Lyell; *Principes de Géologie*, XVIII, pag. 566.
[3] Homère ; *Odys.*, III.
[4] Homère ; *Odys.*, IV.

Digitized by Google

importante sur la politique égyptienne. C'est ainsi que la possession et la défense des gisements du Sinaï, les seuls où les Pharaons eussent la possibilité de s'approvisionner du cuivre nécessaire à l'armement de leurs soldats, occasionnent de nombreuses guerres et sont cités dans les documents se rapportant à près de vingt dynasties. Ces mines sont situées dans la vaste péninsule qui, s'avançant en pointe sur la mer Rouge, sépare celle-ci en deux golfes : l'Héropolitique ou golfe de Suez à l'ouest, et l'Elanitique ou golfe d'Akabat à l'est ; elles se trouvent dans la portion occidentale de la presqu'île, non loin du mont Sinaï, un peu au-dessus de ce désert de Pharan où les Hébreux errèrent pendant si longtemps, et elles représentent probablement le pays de Magan, riche en cuivre des inscriptions assyriennes. Leur situation géographique les rendait difficiles à défendre, mais faciles à attaquer par les peuples nomades du voisinage, et leur possession était par conséquent aussi précaire qu'elle était indispensable. Le fondateur de la IVe dynastie, le prédécesseur immédiat de Chéops, Snewrou, le Soris de Manéthon, s'en empara et les fit exploiter ; mais les successeurs de ce roi les perdirent, et elles ne furent reprises aux nomades que par Merira Papi Ier, second roi de la VIe dynastie. Sous son règne et grâce à l'administration habile du ministre Ouna, qui les fit visiter régulièrement par des inspecteurs spéciaux, elles prirent un grand développement. Le Pharaon Nowerkara ou Papi II, de la même dynastie, les défendit avec succès ; mais, perdues bientôt après, elles ne furent recouvrées que par les souverains de la XIIe dynastie. Leur possession était regardée comme tellement nécessaire que, par exception à la politique d'extrême prudence et de non-expansion territoriale alors en vigueur, ces mines de cuivre et de turquoises furent pendant un certain temps le seul point occupé par les Égyptiens sur le territoire asiatique ; pour les protéger, on établit même une série de postes militaires dans les gorges du Sinaï. Ramsès II (Sésostris, XIXe dynastie) en prit un soin particulier ; enfin Ramsès III (XXe dynastie) battit les Arabes qui les avaient pillées à plusieurs reprises et les replaça définitive-

Digitized by Google

ment sous la domination des Égyptiens, dont elles suivirent désormais la fortune.

Ces mines n'étaient d'ailleurs pas les seules de la région ; en 1877, une mission scientifique envoyée par le vice-roi d'Égypte et sous la direction du capitaine anglais Burton, a reconnu l'existence de nombreux ateliers métallurgiques anciens et de 32 villes, sur une bande de terrain s'étendant le long de la mer, depuis Akabat jusqu'au Ouadi-Hamz, sur plus de trois degrés de latitude. Elle a découvert plusieurs mines d'or et d'argent ; au Djebel Abiad, d'énormes filons de quartz contenant du cuivre et de l'argent ; à Makna, des filons de quartz dont certains échantillons ont donné jusqu'à 15 et 20 °/₀ d'argent ; à Eynoureh et dans deux autres localités, des mines de turquoises ; au sud-est de Makna, près de Moïlah et au port de Wedge, du soufre ; près de El Haura, une mine d'or ; ailleurs, des carrières de gypse, de sel gemme, des dépôts de salpêtre ; à Schuwak, la Soaka de Ptolémée, les ruines de deux grandes villes de mineurs avec des aqueducs, des débris de fours et d'ateliers, des meules de granite pour broyer le quartz, des scories. Les anciens travaux, encore intacts, montrent l'habileté et la science des ouvriers qui les exécutaient [1].

Après chaque victoire, les Pharaons ne manquaient jamais d'imposer aux peuples vaincus un tribut en métaux et en pierres précieuses. Plus on étudie l'histoire et plus on se persuade de l'enchaînement logique et fatal des événements ; les mêmes besoins imposent les mêmes façons d'agir. Les Hébreux, dont le territoire manquait de mines, n'avaient d'autre moyen de posséder des métaux que de les enlever à leurs voisins ; les procédés métallurgiques consistaient surtout à livrer bataille, et, s'il survenait une défaite, le peuple entier en était réduit, au comme temps des Juges, à aller faire aiguiser ses couteaux et réparer le

---

[1] Extrait d'un rapport officiel publié au Caire par le gouvernement égyptien, sur les découvertes faites en Arabie par le capitaine Burton, 1878, présenté par M. de Lesseps à l'Académie des Sciences. (*Compt. rendus*, 27 mai 1878, tom. LXXXVI, pag. 1314.)

Digitized by Google

soc de ses charrues chez les Philistins. Les connaissances minéralogiques des Égyptiens n'ont pu être étudiées sérieusement qu'à partir du moment où l'on a été capable de déchiffrer les inscriptions hiéroglyphiques dont la majeure partie offre le récit de triomphes militaires. Les inscriptions retraçant sur les parois du pronaos du grand temple de Karnak les campagnes de Thoutmosis III, représentent les vaincus chargés d'or, d'argent, de kesbet, de mafek, de cuivre, de fer et de plomb. C'est sous les souverains de la XVIIIe dynastie que l'Égypte atteignit l'apogée de sa puissance, après d'heureuses campagnes contre les Retennou de la Syrie et du Liban, battus à Mageddo ou Esdrelon, près du lac de Tibériade, contre Babylone, Ninive, toute la Syrie et même l'Arménie, contrées qui furent alors soumises à un empire s'étendant en Afrique sur l'Abyssinie, le Soudan et la Nubie actuels. Le plus souvent, le but véritable d'une guerre était, plutôt que l'adjonction de nouvelles terres, d'obtenir les métaux qu'un commerce nul, une industrie relativement dans l'enfance et une certaine disposition d'esprit spéciale aux peuples méridionaux, étaient impuissants à fournir en quantité suffisante.

Dès leurs premières dynasties, les Égyptiens ont fait une incroyable consommation de pierres d'ornement, telles que granites roses, porphyres, syénites, diorites, basaltes, calcaires et autres, destinées à la construction des temples, chambres sépulcrales, sarcophages, statues, obélisques. Pour édifier la tombe qui devait renfermer sa momie, chaque Pharaon faisait tailler le rocher et remuer la terre ; dès le début de son règne, les personnages les plus importants du pays avaient déjà parcouru tout le royaume à la recherche d'un bloc d'albâtre ou de granite digne de faire le sarcophage d'un roi ; la population de villes ou de provinces entières avait été envoyée aux carrières et aux chantiers de construction [1]. Il n'était pas nécessaire d'aller bien loin pour s'approvisionner : la chaîne des montagnes qui borde toute l'Égypte et suit la côte occidentale de la mer Rouge renferme de nombreux

[1] Maspero ; *Hist. anc. des peuples de l'Orient*, pag. 65.

Digitized by Google

gisements de roches. Hérodote[1] mentionne les carrières d'où furent tirées les pierres qui servirent à élever la grande pyramide de Chéops (IVe dynastie) ; elles étaient près de Memphis, dans la chaîne arabique, et bien que leur nom ne soit pas dans le texte, on reconnaît en elles les carrières de Tourah ou Trouwou, souvent citées dans l'histoire égyptienne. On avait employé la pierre d'Ethiopie[2] pour construire le premier gradin de la pyramide de Chéphren, frère ou fils de Chéops. Les carrières de Memphis et celles d'Éléphantine (Souan, Syène ou Assouan) fournirent les matériaux du temple de Minerve à Saïs. On ignore à quelle époque ces dernières furent ouvertes, néanmoins on sait que pendant l'occupation de l'Égypte par les rois pasteurs elles furent, sinon entièrement abandonnées, du moins peu travaillées. En effet, Ahmès Ier, le libérateur de son pays et le fondateur de la XVIIIe dynastie, en reprit l'exploitation. Ménephtah ou Séti II, dernier roi de la XIXe dynastie, y fit travailler les Hébreux peu de temps avant leur Exode ; enfin Nectanébo (XXXe dynastie), le dernier roi national de l'Égypte, aussi bon architecte que mauvais guerrier et politique inhabile, y laissa des traces de son administration. Les carrières de Massarah sont aussi très connues.

Les métaux et les minéraux les plus recherchés des Égyptiens étaient l'or, l'électrum, l'argent, le kesbet, le mafek, le cuivre, le fer et le plomb ; nous allons les passer successivement en revue.

L'or (*nub*) était assez abondant : les inscriptions le représentent en pépites, en poudre renfermée dans des bourses, en plaques, en barres, en briques et surtout en anneaux. Cette forme est précisément celle que donnent aujourd'hui les nègres du Sénégal aux lingots qui leur servent de monnaie. On en rencontrait en Égypte proprement dite, dans le Djebel Zabara, où l'on parvenait au moyen d'une route partant d'Apollinopolis Magna ou de

---

[1] Hérod., II, 24.
[2] Hérod., II, 127.

Digitized by Google

Contra Apollinopolis (Edfou) et se dirigeant à l'est. Ces mines étaient exploitées par Séti Ier (XIXe dynastie), qui fit creuser de nombreux puits artésiens pour leur fournir de l'eau. D'autres mines ouvertes dans les montagnes entourant le port de Bérénice sur la mer Rouge (Djebel Ouadi Lechuma et Djebel Ferajeh) se reliaient par une route avec Ombos sur le Nil; d'autres enfin se trouvaient dans cette partie de la chaîne arabique traversée par la route de Koptos (Kouft) sur le Nil, à Leukos Hormos (Kosséir) sur la mer Rouge. On a reconnu vers ce point, et surtout dans le Ouadi Fanachir, des traces d'exploitations anciennes, et nous avons vu qu'il existait des mines d'or sur le rivage oriental du golfe Élanitique. Cependant, le principal gisement de l'or était en Éthiopie; le métal précieux abondait dans cette région, portant le nom d'Etbaye, jadis occupée par les Blemmyes et les Mégabases, et habitée de nos jours par les Arabes Bicharieh. M. Linant de Bellefonds, en 1831 et 1832, a étudié ces gisements et en a publié la carte [1] : il a dans ce but parcouru la contrée s'étendant entre la mer Rouge et le grand coude du Nil, qui oblige les caravanes à traverser le désert séparant Korosko de Abou-Hamed. Les mines exploitées par Ramsès II (Sésostris, XIXe dynastie), qui répara les routes y aboutissant, sont groupées principalement dans la vallée de Ollaki. Diodore les mentionne; abandonnées pendant plusieurs siècles, elles furent reprises en l'an 255 de l'hégire (877 de l'ère chrétienne) par les Arabes, sous la direction d'Abou Abd el Haman el Omari, et d'après l'historien Macrizi elles acquirent alors une importance considérable. Maintenant, elles sont de nouveau abandonnées, et M. Linant de Bellefonds en a vu les ruines dans les massifs montagneux du Djebel Gerfa, du Djebel Kawewad et du Djebel Reft, situés au milieu des plaines de sable de la Nubie, à peu près en face de Djeddah et de la Mecque, sur l'autre rive de la mer Rouge.

La plupart de ces indications proviennent du temple de

---

[1] Linant de Bellefonds : Carte de l'Etbaye et du pays habité par les Arabes Bicharieh.

Digitized by Google

Medinet-Habou, village moderne qui occupe l'emplacement de l'antique Thèbes. Sur les murailles de l'une des chambres du trésor de Ramsès III (xxe dynastie) étaient représentées huit bourses portant les indications : or d'Éthiopie, de la montagne, de l'eau, de Apollinopolis magna, d'Ombos et de Koptos. D'après les renseignements fournis par la tombe de Rekmara sous Thoutmosis III (xviiie dynastie), on a tout lieu de croire à l'existence, dans le Liban, de mines d'or qui furent exploitées chaque fois que cette région fit partie de l'empire des Pharaons.

L'or s'obtenait par un lavage ; le signe caractéristique de ce métal sur les monuments est, selon les uns un collier, selon d'autres le sac allongé ou le linge replié aux deux bouts tombants dans lequel on lavait le sable. Dans son livre, M. Linant de Bellefonds donne le dessin d'un appareil ingénieux destiné à économiser, pour ce travail, l'eau si précieuse dans ces contrées.

Les Égyptiens étaient habiles artisans ; les tombeaux des Beni-Hassan, dans l'Heptanomide, sont ornés de curieuses peintures représentant divers métiers pendant la période thébaïne, c'est-à-dire de la xie à la xxie dynastie : sculpteurs sur pierre, verriers, potiers, forgerons. Ils recouvraient d'or jusqu'aux pierres précieuses, comme le lapis lazuli. On mentionne l'emploi de chars en argent doré et certaines enveloppes de momies en carton étaient dorées après avoir été d'abord revêtues d'une couche de plâtre. Le roi Mycérinus (iie dynastie) fit enfermer le corps de sa fille dans une statue en bois creux représentant une génisse agenouillée dont le cou et la tête étaient plaqués d'épaisses lames d'or et portant entre les cornes le cercle du soleil fabriqué avec le même métal[1]. Nous retrouvons là le procédé de fabrication du veau d'or des Hébreux et des premières statues grecques. Enfin Ahmès II, (xxvie dynastie) envoya à Cyrène une statue dorée de Minerve.

Après l'or, le métal le plus estimé était l'électrum ou *asem* des hiéroglyphes. Nous savons qu'on donnait ce nom à un alliage d'or et d'argent composé, d'après Pline, de vingt parties du se-

[1] Hérod., II, 132.

Digitized by Google

cond métal pour cent du premier, mais qu'en réalité il s'agissait simplement d'un mélange des deux métaux ayant une couleur moins jaune que l'un et moins blanche que l'autre. Cet alliage, qui d'ailleurs existe dans la nature, se fabriquait artificiellement, soit dans un but d'économie, soit pour obtenir une nuance spéciale; nous avons vu qu'Homère en fait mention à plusieurs reprises et on l'a quelquefois confondu avec l'ambre. Le nom grec de l'alliage est masculin (ηλεκτρος), tandis que celui de l'autre est neutre (το ηλεκτρον), et dans les trois passages où il est cité par le poète, la construction grammaticale est telle que la distinction du genre par le cas est impossible. Les Romains l'appelaient *electrum*, parce qu'en latin tous les noms des métaux sont neutres. On a trouvé à Dendera l'inscription suivante : « Il a été décrété à Ammon une grande salle revêtue d'or bon (pur), des colonnes à chapiteaux de lotus et de papyrus travaillées en électrum ». Il suffit de comparer la description poétique, par conséquent exagérée, du palais de Ménélas à Lacédémone [1], où étincellent partout l'or, l'électrum, l'argent et l'ivoire, pour reconnaître une fois de plus les liens étroits qui rattachent la première civilisation grecque à la civilisation égyptienne. Ménélas, faisant construire son palais, s'était souvenu de cette terre d'Égypte qu'il avait visitée et où il avait amassé de nombreuses richesses et de l'or [2]. En Égypte, on rencontre l'électrum à peu près exclusivement dans les temps anciens; sous les Psammétik (XXVIe dynastie), on n'en voit presque plus de traces, ce qui prouve que le progrès accompli par les sciences métallurgiques permettait d'accomplir facilement la séparation de l'or et de l'argent. Thoutmosis III (XVIIIe dynastie) dédie à Ammon thébain deux obélisques de granite rose aux pyramidions d'électrum, et Ramsès II (XIXe dynastie) offre à Osiris, dans le temple d'Abydos, des battants de porte en électrum ou recouverts de ce métal.

Les inscriptions hiéroglyphiques représentent l'argent (*hat*)

---

[1] Hom.; Odys., IV.

[2] Hom.; Odys., III.

Digitized by Google

purifié et non purifié. Dans le premienr cas il est en tas et en petits morceaux, tandis que dans le second il est, comme l'or, en anneaux, en briques ou en plaques. Nulle part il n'est question de mines d'argent en Égypte. Les pays aurifères du sud produisaient de l'électrum, mais on ne savait pas, dans le commencement, en isoler l'argent, puisque dans le butin pris sur les peuples de ces contrées méridionales on mentionne à peine ce dernier métal. On le tirait surtout d'Asie, de Syrie, du Kefa occidental et du pays de Pount ou Arabie, qui est précisément la contrée explorée par le capitaine Burton. Dans les tombeaux de Thèbes ou dans les inscriptions de Thoutmosis III, à Karnak, les tributs apportés par les Rotennou ou Assyriens consistent principalement en argent. Ces peuples possédaient même des charriots d'argent ou d'argent et d'or.

Le *kesbet*, si fréquemment cité dans les annales d'Égypte, représente trois substances différentes : d'abord le lapis lazuli, puis le verre bleu artificiel coloré par des minerais de cuivre et quelquefois de cobalt. Ce kesbet, pulvérisé puis refondu, servait à faire de l'émail ; enfin le même mot désigne aussi le sulfate de cuivre qui colore les verres en bleu. On fabriquait en kesbet un grand nombre d'objets d'ornement et d'amulettes, des colliers, scarabées, têtes de bélier, yeux, cylindres, perles, cœurs, vases. Les Égyptiens avaient des verres violets au manganèse ; ils s'en servaient pour leurs émaux et en ornaient des bagues et d'autres bijoux communs dans les collections. Ils avaient tant de goût pour les émaux bleus, qu'au dire de Théophraste et de Pline, les anciennes annales mentionnaient avec le plus grand éloge le nom aujourd'hui perdu du Pharaon qui remplaça le vrai lapis, devenu fort rare, par une composition artificielle offrant la même nuance ou à peu près. Heureux temps où les rois s'occupaient de minéralogie ! Le lapis véritable de Scythie venait du Badakschan en Bactriane, au sud-ouest du plateau du Pamir et au nord est de l'Afghanistan ; de là il parvenait par la Parthie et la Médie à Babylone, puis à la Méditerranée. Au temps des Ptolémées, son marché était, d'après Brugsch, la ville de Teflel ou Tefzer en Palestine.

Digitized by Google

On manufacturait en outre du kesbet de cuivre à Pouzzoles, en Italie et en Espagne, et les Phéniciens se chargeaient de le transporter de ces contrées en Égypte.

Le *mafek* était l'émeraude, originaire d'Asie. On appelait aussi de ce nom la malachite ou carbonate de cuivre et le verre coloré en vert par le cuivre. La déesse locale du Sinaï, Hathor, est nommée « maîtresse du mafek et dame des pays à mafek », c'est-à-dire de la péninsule dont nous avons parlé précédemment. Ces mines et celles du Ouadi Maghara fournissaient aussi du kesbet, de sorte qu'on pourrait peut-être donner à ce dernier mot une quatrième signification, celle de l'azurite ou carbonate de cuivre, à proportion d'acide un peu différente de celle de la malachite. Enfin le mafek était encore la chrysocolle ou soudure d'or de Pline, composée de cuivre, d'or et d'argent. La chrysocolle se fabriquait à Cypre, en Arménie, en Macédoine, en Espagne ; la malachite provenait d'une île voisine de Carthage [1], de Scythie, de Bactriane, d'Égypte, près de Coptos, et d'Éthiopie, à vingt-cinq journées de marche de cette même ville de Coptos.

Parmi les autres pierres précieuses employées par les Égyptiens, on cite la cornaline, dont nos musées contiennent une foule d'échantillons, le *kenem* ou rubis, le *nesem* ou turquoise, le *taheu*, topaze jaune ou jaspe jaune venant d'Asie et du pays de Bek, à l'est de l'Égypte, enfin le *hertes* ou quartz laiteux, originaire du pays de Setet, en Éthiopie.

Si maintenant nous abordons l'étude des métaux usuels connus des Égyptiens, nous arrivons au cuivre (*komt*), qu'on voit représenté en plaques à Medinet Habou. On ne faisait pas de distinction entre lui et le bronze, et nous avons essayé de donner l'explication de cette confusion à propos de la minéralogie à l'époque homérique. Lepsius parle d'un cuivre noir parfois cité dans les monuments égyptiens et qui, d'après lui, désignerait le cuivre sans mélange, par apposition au cuivre de nuance plus claire des alliages et au bronze ; mais ne semble-t-il pas plus probable

[1] Théophraste ; Pierres, 46.

Digitized by Google

d'appliquer cet adjectif « noir » tout simplement au véritable cuivre, qui est noir, c'est-à-dire brut, par opposition avec le métal travaillé ou brillant? On se rappelle l'immense importance des mines du Sinaï, et tout d'ailleurs prouve la rareté extrême, en Égypte, du cuivre, dont il n'existait que quelques gisements peu abondants dans le désert entre le Nil et la mer Rouge. Dans les anciennes inscriptions, les objets fabriqués avec ce métal sont toujours apportés en tribut par les Asiatiques, le cuivre en lingots par les Tahi de Syrie, le cuivre brut par ces mêmes Tahi, les Rotennon de la Syrie septentrionale et les Anoukasa, qu'on suppose avoir habité l'Éthiopie. Le mot spécial employé pour ces derniers signifie « cuivre dans sa gangue », ce qui prouverait deux choses : d'abord l'antique existence de mines de ce métal dans le sud de l'Égypte, et ensuite c'est que peut-être le mot « noir » pourrait aussi s'appliquer à des minerais de cuivre tels que la philipsite ou le cuivre gris, dont la couleur, sans être tout à fait noire, est d'un bleu foncé assez sombre et qui, apportés en tribut par certains peuples habitant des districts miniers, étaient traités en Égypte. Le cuivre purifié venait des Asi.

Ce métal servait à une foule d'usages : on en fabriquait des statues, des sistres, des clefs, des clous, mille autres objets et surtout des armes. Hérodote raconte[1] l'arrivée, sous le règne de Psammétik (xxvie dynastie), de pirates cariens et ioniens, et dit que les Égyptiens, à la vue de leurs armes, reconnurent en eux les hommes d'airain annoncés par une ancienne prophétie. Les sujets de Psammétik et leurs ancêtres avaient depuis trop longtemps exploité la région du Sinaï pour que leur étonnement eût grande raison d'être. Peut-être cependant pourrait-il s'expliquer, non par les lances ou les épées, mais par les cuirasses et les autres armes défensives usitées en Grèce, mais très peu connues du même peuple en Égypte, où la chaleur du climat et l'ardeur du soleil auraient transformé une armure d'airain en un véritable instrument de supplice. Toutefois, les Égyptiens avaient des

[1] Hérod., II, 152.

Digitized by Google

casques, puisque ce même Psammétik dans sa jeunesse, c'est-à-dire avant l'arrivée des étrangers, excite la jalousie des rois ses collègues et est exilé par eux pour avoir offert aux dieux une libation dans son casque d'airain [1] ; on a retrouvé dans les tombeaux des rois, à Thèbes, des dessins d'armures de bronze, et la collection du Dr Abbott possède des plaques de bronze ayant fait partie d'un corselet et marquées au nom de Sheshonk [2]. Hérodote parle encore [3] avec détails de l'ambassade envoyée en Éthiopie par Cambyse, conquérant de l'Égypte. Les ambassadeurs apportaient aux Macrobes un vêtement de pourpre, un collier d'or contourné, des bracelets, un vase d'albâtre rempli de myrrhe et un tonneau de vin de palmier. Les Éthiopiens ont peine à comprendre l'usage du vêtement et se font expliquer par les Perses l'art de la teinture ; mais l'or ne produit aucune impression sur eux, car leur pays renferme de telles quantités de ce métal qu'on en fabrique les entraves des prisonniers, tandis que nulle part au contraire on n'y rencontre trace de cuivre. L'abondance de l'or est confirmée une fois de plus ; toutefois, si les Anoukasa payant leur tribut en cuivre brut habitaient réellement l'Éthiopie, les monuments et Hérodote seraient en désaccord, et lorsque ce cas se présente, il est certain que la vérité ne se trouve pas du côté de l'histoire.

Il reste peu à dire au sujet des autres métaux employés par les anciens Égyptiens. Le fer ou acier (*men*) servait à fabriquer divers ustensiles et certaines pièces d'armures qu'on croit être des casques ; ces casques en cuir auraient été recouverts de lames de fer ; le métal provenait de l'Asie et surtout de la Perse et de l'île de Cypre. On connaît un gisement de fer spéculaire à Hammami, dans le désert, au nord-ouest de Kosséïr. Le mot *ba*, au sujet duquel s'éleva autrefois une controverse importante, s'applique à un minéral en général, à une pierre comme à un mine-

---

[1] Hérod., II, 151.

[2] Rawlinson ; *Herodotus*, tom. II, note, pag. 231.

[3] Hérod., III, 19, 23.

Digitized by Google

rai; mais Lepsius nie qu'on l'ait jamais rencontré avec la signification de métal.

Cependant les épées et les armes peintes sur les tombes de Thèbes sont souvent colorées en bleu, nuance caractéristique du fer ou de l'acier, et il serait étonnant que les Égyptiens eussent ignoré l'usage de ce métal, car, si le fer se rouille et disparaît sans laisser de trace, il n'en est pas moins vrai que, selon une remarque de M. G. Rawlinson [1], Moïse appelle l'Égypte un « fourneau à fer [2] », et que Og, roi de Bashan, qui vivait environ 1450 ans avant Jésus-Christ, possédait un lit en fer [3].

Le plomb (*taht*) est indiqué dans le temple de Médinet-Habou; et comme, de même que le cuivre, il se pesait par *tob*, il y aurait lieu de supposer que ces deux métaux étaient à peu près aussi répandus l'un que l'autre. L'étain n'a jamais été reconnu dans les monuments égyptiens : on en trouve pourtant une telle quantité dans les bronzes de l'époque, qu'il est fort à présumer qu'il y a été introduit avec intention. Quant au zinc, rien ne permet de supposer qu'il ait été connu. En revanche, l'alun d'Égypte était très estimé et constituait une source importante de revenus, car en — 548, lorsque les Delphiens firent une quête pour reconstruire le temple de Delphes détruit par un incendie, le Pharaon de la XXVIe dynastie, Amasis ou Ahmès II, qui se montra toujours si favorable aux Grecs, leur donna mille talents d'alun [4]. Le natron ou carbonate de soude, si commun dans les lacs de la Basse-Égypte, était employé dans les embaumements [5].

Nous ajouterons quelques mots au sujet de l'ambassade dont nous avons parlé précédemment et qui fut envoyée par Cambyse [6], conquérant de l'Égypte, aux Éthiopiens du Haut-Nil. Au nombre des particularités remarquables signalées par les ambas-

---

[1] Rawlinson; *Herodotus*, tom II, note, pag. 140,

[2] Deut., IV, 20.

[3] Deut., III, 11.

[4] Hérod., II, 100.

[5] Hérod., II, 86.

[6] Hérod., III, 23-24,

Digitized by Google

sadeurs à leur retour, se trouve d'abord une fontaine dont l'eau, jouissant des mêmes vertus possédées plus tard par celle de Jouvence, rajeunit ceux qui s'y baignent. Cette eau était huileuse, elle exhalait une sorte d'odeur de violette et était si légère que, de tous les objets qu'on y jetait, aucun ne surnageait. Tous ces caractères, un peu amoindris il est vrai, peuvent s'appliquer à une source de pétrole, bien qu'on n'ait jamais, à ma connaissance, signalé de gisement d'huile minérale dans ce pays, d'ailleurs assez peu étudié. Une telle découverte n'aurait rien d'impossible, par suite de la nature volcanique des rivages de la mer Rouge, si bien manifestée par leur disposition en ligne droite. Les ambassadeurs visitèrent aussi des sépulcres en cristal (ὕαλος) taillés en en forme de colonne creuse dans laquelle on enfermait le cadavre préalablement enduit de plâtre. Le cristal est si transparent qu'on aperçoit le corps à travers les parois, et il offre encore l'avantage d'être extrêmement commun et aisé à travailler. Il est assez difficile d'imaginer quel était ce minéral : le traducteur [1] met en note le nom de feldspath; mais toute personne un peu au courant de la science minéralogique aura peine à admettre cette interprétation à cause du manque de transparence du feldspath et de ses clivages, qui le rendent presque impossible à tailler. Le spath d'Islande, ou carbonate de chaux cristallisé, est transparent et assez tendre; mais comment supposer qu'il se soit trouvé en blocs assez gros pour qu'on pût y introduire un corps humain ? La seule supposition plausible serait d'admettre que ce verre était de l'obsidienne. Cette roche est commune. Dans un passage des Histoires [2], il est dit que les Arabes de l'armée de Xerxès, de l'autre côté de la mer Rouge, armaient l'extrémité de leurs flèches de pierres qui, elles aussi, devaient, comme au Mexique du temps de Montezuma, être en obsidienne. En outre, Hérodote, dans un autre passage [3], dit que, pour embaumer un cadavre, on

[1] Giguet, pag. 165.
[2] Hérod., VII, 69.
[3] Hérod., II, 86.

Digitized by Google

commence par pratiquer sur le ventre une incision au moyen « d'une pierre d'Éthiopie tranchante » ; or on connaît les couteaux d'obsidienne employés par tous les peuples habitant des contrées volcaniques à obsidienne. Ce fait me semble résoudre la question, et je préfère de beaucoup cette opinion à celle qui suppose qu'il s'agissait d'albâtre, quoiqu'on soit forcé d'avouer que les caractères formulés par Hérodote sont si peu distinctifs qu'on ne saurait mettre trop de prudence à les faire servir à une détermination minéralogique.

Si maintenant nous quittons l'Égypte et si, reprenant Hérodote pour notre guide unique, nous nous avançons vers l'ouest, tout en restant sur le continent africain, nous parvenons à une vaste région, la Lybie, s'étendant d'une façon assez indéterminée depuis la Cyrénaïque, la grande Syrie et le Sahara, jusqu'à l'océan Atlantique. Les peuples qui l'habitaient étaient pauvres en métaux. Ceux qui marchèrent contre la Grèce, sous les ordres de Mardonius [1], étaient vêtus de cuir et leurs armes consistaient simplement en javelots durcis au feu. Néanmoins les femmes [2] portaient autour de chaque jambe un anneau de cuivre, coutume qui n'a cessé de persister et qu'on retrouve encore chez les femmes kabyles.

Plus loin, à dix journées de marche des Anses [3], voisins du lac Tritonis, ces chotts africains maintenant à sec et que des esprits entreprenants cherchent à rendre aux flots de la Méditerranée, dans le grand-désert, on voit des bancs de sel en grands grumeaux formant des tertres, et au-delà il existe aussi du sel, d'abord à Angila, où les Nasamons vont récolter les dattes, puis chez les Garamantes, chez les Atarantes; en un mot, sur toute cette région qui s'étend au sud de l'Algérie et où l'on reconnaît toujours les mêmes gîtes.

Les Gyzantes [4], habitant le territoire de la ville actuelle de

---

[1] Hérod., VII, 71.
[2] Hérod., IV, 168.
[3] Hérod., IV, 180.
[4] Hérod., IV., 194.

Digitized by Google

Sfax, en Tunisie, se teignent le corps en rouge comme les Arabes de Xerxès. On ne sait s'il s'agit d'un pigment minéral du genre de l'ocre ou du vermillon, ou d'un pigment végétal, comme celui dont se servent les peuples du Caucase, dont parle aussi Hérodote, qui, au moyen de feuilles d'arbre broyées et mêlées avec de l'eau, peignent sur les vêtements des figures de toute sorte tellement solides que, loin de disparaître au lavage, elles vieillissent avec la laine, absolument comme si elles avaient été tissées dans l'étoffe. Dans l'île Cyraunis (Cercina), il y a un lac donnant de l'asphalte [1] et d'où les femmes retirent de la poudre d'or mêlée à la vase. Aucune localité aurifère n'est signalée en ce lieu. Au delà des colonnes d'Hercule, les Carthaginois trafiquent avec des hommes qui leur donnent de l'or en échange de marchandises [2]. Il s'agit bien certainement de la côte du Sahara et du Sénégal, et il est curieux de remarquer que le système employé du temps d'Hérodote est presque identiquement le mode de troque en usage entre les traitants de nos comptoirs français du Haut-Sénégal et les Maures, pour leur commerce d'or, de gomme, de plumes d'autruche et de moutons.

---

[1] Hérod., VII, 69.
[2] Hérod., IV, 196.

Digitized by Google

D'UNE ALTÉRATION SPÉCIALE

DES

ŒUFS DE QUELQUES ASCIDIENS

Par M. A. SABATIER.

Dans mes *Recherches sur l'œuf des Ascidiens*, publiées dans le précédent numéro de cette *Revue* (mars 1883), j'ai signalé dans les cellules folliculaires et dans les globules celluloïdes (prétendues cellules du testa) de l'œuf de quelques Ascidiens, la présence de grains de substance jaune, très consistante, semi-opaque, peu réfringente, d'une coloration variant du jaune clair au jaune foncé. Ces granules, que j'ai surtout retrouvés chez les Phallusiades, doivent être distingués de la substance jaune verdâtre, transparente, hyaline, réfringente, qui se présente à l'état diffus et non réunie en grains dans les globules celluloïdes des œufs de *Ciona*, et parfois aussi dans ceux de *Phallusia mamillata*. Dans tous les cas, ces deux substances ne sauraient être considérées comme identiques, et sont, comme nous le verrons ultérieurement, de nature très différente.

Dans le Mémoire que je viens de citer, je m'engageais à revenir sur le développement de cette première substance jaune, et je faisais remarquer qu'elle se formait dans les parties de l'œuf qui sont appelées à être rejetées et à ne pas participer à la constitution de l'embryon. Je tiens aujourd'hui ma promesse en étudiant une singulière altération du vitellus lui-même de l'œuf de quelques Phallusiades, altération qui consiste dans le développement de la substance jaune dans le centre même de l'œuf, sous des formes et avec des aspects parfois très bizarres.

Quand on dilacère sur le porte-objet du microscope un ovaire de *Phallusia mamillata* ou de *Phallusia cristata*, à toute époque de l'année on rencontre, mêlés avec des nids d'œufs sains, un très grand nombre d'œufs qui sont constitués de la façon sui-

Digitized by Google

vante: ces œufs sont tous composés, d'une manière constante, d'une enveloppe capsulaire amorphe, d'une couche unique de cellules folliculaires, et d'une masse de substance jaune de forme très variée, suspendue au centre d'une substance claire, hyaline, tout à fait incolore.

L'enveloppe capsulaire amorphe est formée par une membrane mince.

La couche de cellules folliculaires a des caractères constants. Elle est toujours composée d'une couche unique de cellules qui ont conservé une forme aplatie et polygonale. Leur face interne présente une convexité plus ou moins prononcée, et dans leur intérieur se trouve parfois, mais non toujours, un petit noyau discoïde autour duquel se trouvent répandues des granulations formées d'une substance jaune qui est tout à fait identique à celle qui constitue la masse centrale de l'œuf. La face externe des cellules folliculaires est appliquée contre la face profonde de la membrane capsulaire, qui conserve sa forme régulièrement sphérique. On voit donc que la portion folliculaire de ces œufs, qui ont pourtant atteint parfois un volume moyen, s'est arrêtée dans son développement, et que les cellules qui la composent ont conservé une forme de début telle qu'on ne l'observe sur les œufs sains que lorsqu'ils sont encore de faibles dimensions. Jamais en effet, sur les œufs atteints de la modification que j'étudie, les cellules folliculaires ne m'ont paru faire saillie à la surface de l'œuf et présenter cet accroissement de volume et ce cloisonnement interne qui les transforment en masses considérables de tissu spongieux à cavités ou cellules plus ou moins arrondies ou polyédriques, masses qui forment les grands cônes périphériques des œufs de Ciona, ou le stroma conjonctif de l'ovaire des Phallusiades par exemple [1].

Le contenu de l'œuf est encore plus caractéristique que son enveloppe folliculaire. Il est composé d'une substance tout à fait

---

[1] Voir : *Recherches sur l'œuf des Ascidiens* (Pl. IX, fig. 40 ; Pl. VIII, fig. 32, 33, 34, 35, 35 bis), *Revue des Sciences naturelles*, mars 1883.

Digitized by Google

incolore, parfaitement hyaline, sans granulations, et paraissant douée d'une consistance subcartilagineuse. Enfin, dans le centre de l'œuf, au sein de cette substance hyaline, subcartilagineuse, se trouve englobée la masse jaune centrale, sur les formes et les propriétés de laquelle je tiens à insister.

Les formes varient infiniment et revêtent les aspects les plus bizarres. Tantôt la substance jaune forme une masse unique, sans traces de divisions et se rapprochant beaucoup de la forme sphérique (Pl. XV, *fig.* 1). Mais, dans ce cas même, la sphère n'a pas une surface parfaitement régulière et présente des bombements et des sillons qui sont l'indice d'une tendance à la subdivision en sphères ou polyèdres secondaires. Cette disposition, qui est relativement rare, donne l'aspect de certains œufs à la période de pétrissage qui précède la sortie des globules polaires et les phénomènes de segmentation.

Les autres formes présentent une agglomération de sphérules de volumes parfois très différents, et plus ou moins en contact les uns avec les autres par des facettes aplaties.

Dans d'autres cas, la substance jaune est formée par une agglomération de polyèdres appliqués les uns contre les autres et représentant, à s'y méprendre, un œuf à segmentation totale dans une des premières stades de segmentation (Pl. XV, *fig.* 2 et 2 *bis*). Parfois, les polyèdres sont à peu près égaux et symétriquement placés ; le plus souvent, ils sont inégaux, de telle sorte qu'on pourrait croire avoir sous les yeux, soit des œufs à segmentation régulière, soit des œufs à segmentation irrégulière.

Dans d'autres cas, assez rares, les sphères jaunes, au lieu de former une agglomératiou sphéroïdale, sont placées en série linéaire et forment une masse allongée d'aspect plus ou moins elliptique (Pl. XV, *fig.* 10), mais le plus souvent irrégulière et à axe parfois angulaire (Pl. XV, *fig.* 8).

Les cas les plus fréquents sont ceux où l'on trouve une sphère centrale ou une masse centrale de sphères à la surface de laquelle viennent adhérer d'une manière assez irrégulière des sphères en général plus petites (Pl. XV, *fig.* 13), ou des séries plus ou moins

Digitized by Google

irrégulières de sphères dont le volume décroît généralement avec la distance de la masse centrale (Pl. XV, *fig.* 3, *fig.* 4, *fig.* 7).

L'agglomération centrale de sphérules plus ou moins concentrés peut être entourée de sphérules libres placés à des distances variables et jusqu'au contact de la couche folliculaire, représentant ainsi comme les satellites d'une petit système planétaire (Pl. XV, *fig.* 7, *fig.* 12).

Enfin une agglomération centrale distincte peut faire défaut, et la structure jaune peut se présenter, et se présente souvent en effet, sous l'aspect de traînées plus ou moins volumineuses, plus ou moins capricieuses et bizarres de sphères de substance jaune de volumes à peu près égaux. Les sphérules peuvent même avoir de très faibles dimensions et représenter des granulations jaunes bizarrement distribuées (Pl. XV, *fig.* 5).

Tels sont les divers aspects présentés par la substance jaune considérée dans sa forme et sa distribution. Examinons maintenant quelle est sa nature et quelle est la structure intime des sphérules qui en sont formés.

J'ai essayé, à l'aide des réactifs, de me rendre compte de la nature de la substance jaune dont sont composés les globules et les granulations. Ma première pensée a été que cette matière pourrait être surtout graisseuse. Aussi ai-je traité les œufs, soit par l'éther, soit par l'acide osmique, mais je n'ai pas obtenu les réactions qui caractérisent les corps gras.

Traités par la potasse caustique, les œufs étaient détruits et dissous, mais la substance jaune était tout à fait intacte. Le réactif de Millon ne faisait pas apparaître la coloration caractéristique des natures albuminoïdes.

Les masses jaunes, mises à nu par la potasse et soigneusement lavées, étaient traitées ensuite par la solution iodée et l'acide sulfurique concentré, sans prendre la coloration bleu violet, caractéristique des matières amylacées ou cellulosiques. La forme et l'apparence des masses jaunes, et la présence constatée de la cellulose dans la tunique des Ascidiens, avaient soulevé dans son esprit la question de savoir si l'on n'était pas en présence de

Digitized by Google

corpuscules amyloïdes semblables à ceux qui se forment dans les centres nerveux de l'homme ou dans la prostate.

Les masses jaunes traitées par les acides acétique, chlorhydrique, sulfurique, azotique, concentrés, ont été immédiatement le siège d'une vive effervescence et m'ont démontré que j'avais affaire à un carbonate. La base de ce sel m'a été révélée en soumettant les corpuscules à l'action de l'acide chlorhydrique et traitant ensuite la dissolution filtrée par l'oxalate d'ammoniaque. Il s'est formé immédiatement un abondant précipité blanc d'oxalate de chaux. Les corpuscules étaient donc constitués par du carbonate calcaire. Quant à la substance colorante jaune, qui varie d'ailleurs d'intensité, je n'ai pu en déterminer la nature, mais je suis assez disposé à la considérer comme provenant de la fixation, sur la substance calcaire poreuse, de la matière colorante des glandes jaunes qui tapissent l'intestin, matière qui diffuse en très faible quantité à travers les parois intestinales, et qui ne s'accumule et se ne fixe que sur le carbonate poreux. Il est à remarquer en effet que chez les Ascidies dont il est ici question, les ovaires sont à l'état diffus, pour ainsi dire, et disséminés à la surface de l'intestin. D'ailleurs la coloration des corpuscules calcaires est très variable, ce qui prouve que la substance colorante ne fait pas partie essentielle et rigoureusement déterminée de la composition du corpuscule. En outre, chez les jeunes Phallusies, la coloration est notablement plus faible que chez les Phallusies de grande taille. J'ajouterai enfin que dans un même corpuscule les parties centrales sont plus colorées que les parties superficielles; ce qui s'explique très naturellement, attendu que les parties centrales, de date plus ancienne, ont eu plus de temps pour s'imprégner de la substance colorante.

Dans les œufs traités par les acides, on voit sous le microscope la masse jaune diminuer progressivement de volume, en même temps que se dégagent des globules de CO^2.

On voit que la masse est attaquée de la surface au centre; et en disparaissant elle laisse à sa place une masse de substance claire, incolore, représentant avec quelques déformations, et à

Digitized by Google

l'état réduit ratatiné, la forme de la masse calcaire primitive. Cette masse présente des striations concentriques fines correspondant à chaque sphérule composante. Elle constitue le stroma organique dans lequel s'étaient déposées les particules calcaires. Dans le liquide environnant, se déposent bientôt des cristaux de sulfate de chaux, ou de nitrate, ou d'acétate, suivant l'acide à l'action duquel on a eu recours.

Mais si, au lieu de faire agir les acides purs, on a recours à des acides très affaiblis, comme l'acide acétique à 1/200e, ou l'alcool acéto-nitrique de Beale étendu d'eau, on obtient des résultats intéressants, en ce que la faiblesse et la lenteur de l'action des réactifs suppriment la brutalité de la réaction première et permettent d'analyser la structure intime des corpuscules.

Je prie le lecteur de jeter les yeux sur les *fig.* 7 et 7 *bis*, qui représentent le même œuf de *Phallusia cristata*, le premier après un traitement de quelques minutes par l'acide acétique à 1/200e, et le second après seize heures de séjour dans la même liqueur. Dans la *fig.* 7, la décoloration, c'est-à-dire la destruction du carbonate, s'est faite jusqu'à une certaine profondeur, et l'on peut distinguer facilement les portions encore foncées des parties claires. Dans la *fig.* 7 *bis*, la décoloration est complète, et il ne reste qu'une teinte jaune très pâle. Mais ce que l'examen de ces figures démontre clairement, c'est que les globules ou masses jaunes sont composées de couches concentriques qui sont elles-mêmes subdivisables en petits cylindriques disposés comme en pavés sur la couche sous-jacente, et donnant ainsi aux globules une structure à la fois stratifiée et rayonnante.

On s'aperçoit également que les sphères les plus volumineuses sont aussi celles qui résistent le mieux et le plus longtemps à la décoloration, ce qui semblerait indiquer chez elles une consistance plus grande qui retarde l'action des réactifs.

La structure qui ressort de l'examen des *fig.* 7, 7 *bis* et de la *fig.* 9, qui représentent des globules isolés d'un autre œuf de la même préparation, conduisent à penser qu'il y a au centre des sphérules une partie nucléaire qui a été formée la première

Digitized by Google

et à la surface de laquelle ont été déposées successivement les couches périphériques. Ce noyau d'ailleurs s'aperçoit, dans certains cas, sans le secours des réactifs, ainsi que le représente la *fig.* 8, reproduisant un œuf examiné dans le sang de l'animal. Ainsi que nous l'avons déjà dit, la coloration du noyau est beaucoup plus foncée et atteint la nuance bistre foncé.

L'observation faite sur des œufs très jeunes et très petits, tels que ceux de la *fig.* 6, A, B, C, nous montre clairement les débuts des masses jaunes. On voit en effet que dans ces œufs, encore très jeunes, il s'est formé de petits noyaux agglomérés ou disséminés de substance jaune. Ces petites masses serviront de centres d'attraction aux dépôts ultérieurs, et formeront les noyaux centraux autour desquels se disposeront les stratifications successives de la substance jaune.

J'ai essayé, sur les œufs que j'étudie, l'action des réactifs colorants, et en particulier celle du carmin de Beale, qui a un si grand pouvoir de pénétration. La substance hyaline subcartilagineuse qui remplit l'œuf est presque réfractaire à la coloration. Quant aux masses jaunes, elles se coloraient lentement et faiblement, mais d'une manière uniforme. Mais quand les œufs avaient séjourné quelques heures dans les liqueurs acidulées faibles, on obtenait par le carmin de Beale, après les avoir bien lavées à l'eau distillée, des phénomènes très particuliers de coloration. La substance hyaline restait incolore ou à peu près, la masse calcaire se colorait faiblement, mais la zone périphérique du stroma, décalcifiée, se colorait d'un rouge vif.

L'examen qui précède nous autorise donc à considérer les masses jaunes comme formées par des agglomérations de sphéro-cristaux de carbonate de chaux, sphéro-cristaux qui sont produits par le dépôt de petits cristaux rayonnant autour de noyaux primitifs qui ont eu probablement pour point de départ, ou le noyau, ou ses granulations et nucléoles, ou des corpuscules centrifuges au moment de leur formation périnucléaire. Les couches superposées, se mutipliant, ont envahi le nucléus et le protoplasme ovulaire proprement dit; aussi l'un et l'autre ont-ils disparu dans

Digitized by Google

l'œuf ainsi altéré. Ils peuvent être comparés aux cystolythes que l'on observe dans les cellules de certains végétaux (Urticées, Acanthacées, etc.), avec cette différence que le stroma organique n'est point ici formé par un épaississement cellulosique de la membrane de la cellule, mais par un développement ou bourgeonnement protéique du noyau, ou des granulations nucléolaires, ou des corpuscules centrifuges périnucléaires.

Il reste à rechercher quelle est la signification et le rôle de ces œufs qui ont subi une altération si singulière. Je ne puis donner sur cette question que des appréciations hypothétiques. Il est en effet difficile de se rendre compte des causes et de la fin de cette altération permanente d'un très grand nombre d'œufs, altération que l'on n'observe que dans quelques espèces d'Ascidies.

Les dépôts de granulations, de cristaux ou de sphéro-cristaux de carbonate calcaire, s'observent assez souvent chez les animaux, et dans certains cas on peut s'expliquer ce phénomène comme une mise en réserve de matériaux utilisables plus tard. Tels sont les prétendus yeux d'écrevisses, tels encore les sphéro-cristaux que l'on observe dans les tissus et particulièrement sur le trajet des vaisseaux de certains mollusques gastéropodes à coquille (Ampullaires, etc.).

Nous ne saurions invoquer ici une semblable explication; mais, en outre, la raison de la localisation dans les œufs de ces dépôts calcaires est bien difficile à saisir. Ce qui m'a paru certain, c'est que les œufs ainsi altérés s'arrêtaient à un certain degré de croissance et n'atteignaient pas le volume des œufs sains arrivés à maturité. Ces œufs altérés sont perdus pour la reproduction, et il est possible qu'ils soient éliminés ou détruits. Ce sont des organes dont le rôle comme éléments reproducteurs a complètement disparu. Mais est-ce à dire que la fonction reproductrice n'ait pas été remplacée par une autre fonction, et que ces œufs ne jouent pas le rôle d'un organe éliminateur ou excréteur? C'est ce que je ne saurais affirmer. On pourrait peut-être trouver quelque raison d'admettre une vraie transformation de

Digitized by Google

fonctions, dans le fait de la généralité du phénomène chez quelques espèces d'Ascidiens.

Mais, d'autre part, ce fait que les œufs altérés, rares chez les jeunes individus relativement au nombre des œufs sains, deviennent bien plus nombreux chez les individus déjà gros, et abondent chez les individus parvenus au terme de la croissance, ce fait, dis-je, porterait à penser qu'il y a là un phénomène d'altération sénile dont les effets vont croissant avec l'âge, et qui amènent pour ainsi dire une disparition progressive de la sexualité effective de l'animal.

Ce sont là, je le répète, des considérations entièrement hypothétiques et sur lesquelles je ne saurais plus longtemps insister.

Le seul fait que je désire rappeler en terminant, c'est que ces productions calcaires se retrouvent chez les mêmes Ascidiens à l'état de granulations dans les cellules du follicule, et à l'état de gros grains ou de sphères dans les globules celluloïdes des œufs sains des mêmes Ascidiens.

Mais on n'en trouve jamais la moindre trace dans le vitellus et dans le noyau des œufs sains, et qui ont conservé leur signification sexuelle. Ces formations calcaires caractérisent donc, dans ces cas, les éléments chez lesquels le rôle sexuel s'efface, et leur présence dans un élément anatomique dénote la disparition de la sexualité de l'élément, que cet élément soit mâle (cellules folliculaires, globules celluloïdes), ou bien qu'il soit femelle (nucléus, nucléoles et portion du protoplasme ovulaire)[1].

4 juillet 1883.

---

[1] Il est nécessaire, pour l'intelligence de ce dernier paragraphe, de reproduire ici, sous forme de note, quelques lignes d'une communication que j'ai adressée à l'Institut et qui a été insérée dans les Comptes rendus de la séance du 18 juin 1883.

« Je tiens à dire que ces faits d'élimination d'éléments cellulaires produits par génération endogène, m'ont beaucoup frappé par leur généralité, dans l'étude comparée, que je poursuis depuis quelques années, de la spermatogénèse et de l'ovogénèse. Ces faits m'ont conduit à des vues théoriques sur la nature et l'origine de la sexualité des éléments reproducteurs. Ces éléments me paraissent posséder d'abord deux principes de polarités opposées, l'un centripète (cellule ovulaire,

Digitized by Google

blastophore), localisé dans le noyau et une portion du protoplasme, l'autre centrifuge, localisé dans cette autre portion du protoplasme, aux dépens de laquelle se forment les éléments centrifuges (cellules du follicule, globules polaires, couches périvitellines, *zona radiata*, spermatoblastes, etc.). Toute cellule dans laquelle les deux polarités sont dans un état réciproque d'équilibre est dans un état de *neutralité sexuelle* plus ou moins grande et est susceptible de parthénogénèse ; mais si une modification biologique fait disparaître un des deux éléments, l'équilibre est rompu : une des deux polarités devient prédominante, et la cellule acquiert par cela même une *sexualité* déterminée. L'élimination de l'élément centrifuge donne naissance à l'élément femelle, l'élimination de l'élément centripète produit l'élément mâle. Il peut y avoir plusieurs degrés dans la sexualité, et la sexualité complète peut n'être acquise que progressivement par des éliminations successives. »

QUELQUES MOTS

SUR

LE JURASSIQUE SUPÉRIEUR MÉDITERRANÉEN

(Résumé d'une leçon à la Faculté des Sciences.)

Par **M. P. de ROUVILLE**.

C'est un fait aujourd'hui reconnu de tous qu'à une même époque, dans des régions différentes, des dépôts contemporains ont pu se produire et se sont produits dans des conditions à la fois inorganiques et organiques très différentes. Cette variation à distance, si bien mise en lumière par de nombreux travaux, contraste avec un caractère absolument opposé d'uniformité dans la sédimentation et dans la faune que présentent d'autres dépôts, en dépit des distances qui les séparent.

La formation jurassique est merveilleusement propre à nous offrir ce double cas.

Jusqu'aux derniers temps Oxfordiens, dont les représentants classiques doivent être naturellement cherchés dans la région dont nous empruntons la terminologie, c'est-à-dire en Angleterre, tout s'est passé à peu près de la même façon sur la surface de l'Europe, et depuis le Lias blanc de Smith jusqu'à son argile

Digitized by Google

d'Oxford, on trouve partout, au même niveau géologique, des organismes à peu près similaires ; déjà pourtant une différence avait semblé se produire à l'époque Bathonienne dans notre Midi ; cette différence s'accentue avec plus d'énergie immédiatement après l'Oxford-clay. Si nous comparons en effet le bassin Anglo-parisien et le Jura avec le bassin méditerranéen, nous constaterons, à partir de ce moment, des circonstances régionales de sédimentation qui imposeront des noms nouveaux et soulèveront des questions de synchronisme dont la difficulté ne fera que croître à mesure que nous nous rapprocherons des temps crétacés.

L'Argovien de Marcou, par exemple, est-il, comme le veulent quelques-uns, un simple sous-groupe oxfordien ? Trouve-t-il son représentant exact dans la série Anglo-parisienne ? Ce qui le ferait croire, ce serait qu'il supporte immédiatement le *Coral rag* ; toutefois on ne peut s'empêcher d'y percevoir des différences organiques qui justifient l'opinion de ceux qui sont disposés à en faire autre chose qu'un simple faciès de l'Oxfordien ; d'ailleurs cette interprétation elle-même n'est-elle pas l'indice d'une réunion de caractères que l'on ne retrouve pas dans la région typique de l'Oxford-clay ? D'autre part, les horizons si nets de Birminsdorf, d'Effingen, de Geisberg, reconnus dans l'économie Argovienne, paraissent décidément sortir du cadre de l'Oxfordien classique.

Le *Coral rag* qui lui succède, et que j'appellerai, avec M. Greppin, Rauracien, sans rappeler les bonnes raisons qu'il en donne, rétablit l'uniformité entre la région du Nord et le Jura; mais cette similarité n'atteint pas au delà du Jura méridional ; elle s'arrête au seuil du Bugey, cette ancienne division de notre territoire formée de la partie méridionale du département du Jura et de la partie septentrionale de celui de l'Ain, et qui paraît être la soudure géographique de la région jurassienne proprement dite et de la région alpine ou méditerranéenne.

A partir du Rauracien, en effet, une remarquable différenciation se produit avec éclat entre le Midi et le Nord. Le Nord

Digitized by Google

nous présente la série du Rauracien, du Kimmeridien, du Portlandien et du Purbeck, aux horizons fossilifères si distincts et si connus. Que trouvons-nous dans le Midi ?

A partir de l'Oxford-clay, trait d'identité indéniable entre le Midi et le Nord, nous rencontrons :

En premier lieu, un terme d'une physionomie nouvelle et déjà plus localisée, l'Argovien, que dans son admirable analyse stratigraphique du Gard Émilien Dumas reconnaît dans son troisième sous-groupe Oxfordien, et dont la stratification si nette rappelle si bien d'ailleurs les *Wohlgeschichtete Kalkbänke* de Quenstedt : double horizon de l'*A. bimammatus* et de l'*A. polyplocus.*

En second lieu, au-dessus de ce terme, le quatrième sous-groupe Oxfordien du même auteur, son calcaire gris massif, déclaré par lui sans fossiles.

En dernier lieu enfin, et au toit des groupes précédents, son groupe corallien à Diceras, Nérinées et Térébratules, où la paléontologie reconnaît aujourd'hui *Terebratula Moravica*, *Diceras Lucii*, *Munsteri*, fossiles dont la présence et dont les caractères spécifiques nous donnent l'exemple d'un phénomène coralligène dont le synchronisme avec le Rauracien, adopté par Dumas, est loin de réunir tous les suffrages.

A ces différents termes viennent encore s'ajouter dans nos régions méridionales, pour leur meilleure différenciation d'avec le Nord, des éléments nouveaux, spéciaux à nos latitudes : des couches à Aptychus et des bancs à Terebratula Janitor dont la taxonomie n'est rien moins qu'arrêtée.

Tels sont les traits divers, si disparates avec ceux du Nord, qu'offrent nos régions méridionales pour cette partie de la série géologique : il s'agit actuellement d'en fixer la place dans cette série.

Le Jura salinois nous montre le Rauracien en recouvrement immédiat sur l'Argovien ; il n'en est pas ainsi dans la zone méditerranéenne, qui nous offre à ce niveau, non plus des bancs coralligènes, mais des strates d'une pétrographie qui les unit

Digitized by Google

intimement aux couches qui les enveloppent : on a affaire au calcaire gris massif du géologue de Sommières, son quatrième sous-groupe Oxfordien.

Le Rauracien semblerait donc absent de nos régions, tout au moins sous sa forme coralligène ; mais on ne saurait en induire l'absence, au milieu de ces couches similaires, de représentants précis, sous une forme pétrographique différente, des formations coralligènes du Nord ; la constatation de l'Ammonites bimammatus dans les bancs supérieurs à l'Oxford-clay a permis à M. Torcapel, dans ses beaux travaux sur la ligne de Lunel au Vigan, de saisir ces représentants et d'établir un intéressant synchronisme. M. Tombeck ayant démontré dans la Haute-Marne le parallélisme et l'équivalence des couches à A. bimammatus et des bancs à Diceras arietina, M. Torcapel s'est cru, à bon droit, autorisé à retrouver dans ces bancs à A. bimammatus du Gard le représentant exact du Coral rag classique.

La signification de Rauracien donnée aux assises à A. bimammatus entraîne naturellement le millésime de Kimmeridien pour l'Horizon à Polyplocus. J'ajoute que les travaux de Bayan ont accru la valeur de ce millésime d'un certain nombre de preuves paléontologiques peu discutables.

Par suite, la Terebratula moravica (Corallien de É. Dumas) ne saurait plus être retenue dans le Rauracien et entrerait de plein droit, avec son soubassement, dans le Kimmeridien.

Restent les Aptychus et la Terebratula Janitor.

Situés dans le Dauphiné immédiatement au dessous des calcaires à Janitor, à Chambéry entre les calcaires de la vigne de Droguet qui les recouvrent et les calcaires à A. lithographicus qui contiennent, les uns et les autres, la Janitor, les Aptycus dépendront naturellement, pour leur taxonomie, de la place dans la série qu'on sera amené à assigner aux couches qui les enveloppent.

Nous n'avons donc plus devant nous que le terme : calcaire à Terebratula Janitor, ou mieux, comme l'a si bien dit M. Hébert, à Ammonites transitorius.

Digitized by Google

Il résulte des travaux de MM. Faucher et Jeanjean que la faune à A. transitorius se trouve en recouvrement immédiat sur la zone à Polyplocus ; or, c'est à ce même niveau que correspond le quatrième sous-groupe Oxfordien de Dumas, son calcaire massif sans fossiles.

Quelles seront donc les relations de ce groupe et d'A. transitorius? Les trouvailles de M. Faucher et les observations stratigraphiques de M. Jeanjean montrent nettement que ces rapports se ramènent à une relation de pure homotaxie. La coupe de M. Jeanjean, n° 1 (*Bull. Soc. Géol. de France*, 5 décembre 1881, pag. 102) l'établit pertinemment; vérifiée une première fois sous sa direction, une seconde fois avec mon jeune préparateur M. Viguier, elle ne me permet pas de récuser en doute la superposition immédiate et concordante de calcaires blancs coralligènes, à *Cidaris glandifera*, sur les couches à T. Janitor; conduit par M. Faucher au Rocal, j'ai constaté dans la même situation, au toit des bancs à T. Janitor et au mur du Néocomien à T. diphyoïdes, des calcaires blancs, représentants évidents du même horizon coralligène.

L'horizon à A. transitorius occupe donc la même place que le quatrième sous-groupe Oxfordien de Dumas; il est bien et dûment intercalé entre A. polyplocus et T. Moravica.

Est-ce une raison pour moi, comme pour M. de Lapparent, de considérer la faune à A. transitorius comme jurassique? La discussion paléontologique de M. Hébert m'y fait reconnaître une faune crétacée; seulement, comme à Lémenc, à Rogoznick et à Stramberg, elle serait mélangée à des formes jurassiques, et cela, sans qu'aucun phénomène de roulis, de brèche, se fût produit.

J'ajoute qu'à ce même niveau, c'est-à-dire au-dessus de la zone à Polyplocus, M. Torcapel a constaté dans l'Ardèche la présence de calcaires massifs (Js) qui lui ont fourni, avec la faune à A. transitorius, les formes jurassiques A. acanthicus, A. trachynotus, A. polyplocus, etc.

La paléontologie et la stratigraphie semblent donc s'unir pour

Digitized by Google

justifier les conclusions suivantes, qui ne sont pas nouvelles, mais auxquelles je crois devoir me rallier jusqu'à nouvel ordre [1]:

1° Les calcaires à Terebratula Moravica recouvrent les couches à A. transitorius.

2° On a affaire ici à des dépôts tout au moins kimmeridiens, puisque le substratum n'en serait autre que l'horizon de Baden ou zone à Polyplocus, supporté lui-même par les couches à A. bimammatus.

3° Ces dépôts peuvent, par leur épaisseur, correspondre au Kimmeridien et au Portlandien du N. et du Jura.

4° Il y a vraiment mélange de faune jurassique et de faune crétacée à partir de l'horizon à A. polyplocus.

5° La notion du Tithonique d'Oppel, si bien soutenue par les géologues suisses (E. Favre), savoisiens (Pillet), a sa raison d'être.

6° Enfin le Berriasien et le Valangien, soit l'un après l'autre, soit tous deux ensemble, suivant qu'on les considère comme successifs ou équivalents, auraient continué, dans le Midi, la série marine, alors que dans le Nord une série lacustre (Purbeckien et Weald) unissait les temps jurassiques aux temps crétacés.

Si ces conséquences devaient se vérifier, nous aurions le double grand fait d'une continuité marine dans les dépôts jura-crétacés du Midi, d'une continuité lacustre dans ceux du Nord. L'hypothèse d'une lacune dans le Midi n'aurait plus de raison d'être ; le Rauracien du Nord aurait son équivalent dans nos couches à A. bimammatus, et nous reconnaîtrions une nouvelle fois la vérité et l'heureuse application des notions si nouvelles sur les caractères spéciaux des dépôts coralligènes : le Rauracien cesserait de signifier une époque corallienne universelle, à la manière

---

[1] Je regrette de ne pas connaître en leur entier les nouvelles observations de M. Hébert sur la position stratigraphique des couches à Terebratula Janitor, à Transitorius, etc., dont le dernier fascicule paru du *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, tom. XI, pag. 400, ne donne que les premières lignes. J'aurais eu grand souci de soumettre mon opinion personnelle au contrôle des conclusions de mon cher Maître et Collègue.

Digitized by Google

de l'Époque glaciaire, qui tend aujourd'hui à faire place à la notion de simples phénomènes localisés et récurrents.

La région méditerranéenne nous offrirait donc une zone pélagique à A. bimammatus, compliquée, dans le Nord, d'un développement sporadique de coraux ; une autre à A. transitorius, suivie, dans nos régions, de dépôts coralligènes unis aux premiers par ces similarités organiques familières aux populations des parages de cette sorte. Le Coral rag classique disparaîtrait donc de nos tableaux des terrains comme tendent à en disparaître l'Urgonien pour se fondre avec l'Aptien, et le calcaire à Hippurites pour n'être plus qu'un nouveau phénomène coralligène à sa manière, développé dans nos latitudes durant l'époque turonienne et récurrent dans les temps sénoniens, comme l'a si bien démontré M. Toucas.

Enfin cette manière de voir mettrait fin à la question plus locale des relations stratigraphiques des terrains crétacé et jurassique de l'Hérault et du Gard, considérés dans leur distinction primitive.

La notion de continuité et l'intelligence des conditions de l'économie coralligène permettraient de comprendre que les différentes strates d'un même dépôt pélagique, dans leurs relations respectives avec un dépôt coralligène concomitant, ont pu et peut-être même ont dû réaliser, sans altération aucune du parallélisme des couches, sans mouvement intercurrent du sol, des circonstances de stratification transgressive et partant discordante.

Digitized by Google

REVUE SCIENTIFIQUE.

Zoologie.

Éléments de Zoologie; par Henri Sicard, professeur à la Faculté des Science de Lyon. (J.-B. Baillière et fils. Paris, 1883.)

Il y a quelques années seulement qu'il existait encore une vraie lacune dans la librairie scientifique française. Les ouvrages de zoologie systématique, mis au courant de la science, faisaient réellement défaut. En Allemagne, au contraire, et même en Angleterre, il existait un certain nombre de pareilles publications. Leur usage était naturellement réservé à ceux de nos compatriotes qui connaissaient les langues de ces deux pays. Nous devons nous réjouir de ce qu'une lacune si importante se comble de plus en plus, et de ce que les ouvrages de zoologie systématique écrits en langue française sont mis à la disposition de ceux qui veulent se consacrer à l'étude du règne animal. Sans compter les traductions importantes qui ont été faites, celles de Claus et d'Huxley par exemple, nous tenons à dire qu'il se publie en France des Traités originaux de zoologie, et nous désirons en particulier signaler aux lecteurs français l'apparition récente des *Éléments de Zoologie* de notre distingué collègue et ami M. Henri Sicard, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Ce n'est pas une mince entreprise que la publication d'un volume de près de 900 pages, dans lequel l'auteur a recueilli et condensé un ensemble complet de notions de zoologie générale et de zoologie spéciale ; et nous devons savoir gré à M. Sicard de ne pas avoir reculé devant les exigences d'un effort aussi soutenu et d'une œuvre si complète. Hâtons-nous de dire que le succès est venu couronner une volonté si ferme et si persévérante, et que M. Sicard offre aujourd'hui au public qui étudie, une œuvre que recommande un ensemble de très sérieuses qualités.

L'œuvre est méthodiquement ordonnée. Une première partie, consacrée à la zoologie générale, traite de la constitution des animaux, de l'accroissement et du perfectionnement des organismes, de la structure et des fonctions des organes, de l'embryogénie et de la classification ; sur ce dernier point, celui de la classification, point sur lequel les travaux modernes ont jeté une lumière si nouvelle et si

Digitized by Google

remarquable, M. Sicard n'a pas craint d'insister. En esprit ouvert aux idées générales, qui sont au fond le but et la gloire des travaux scientifiques, il a compris qu'il fallait arrêter sur elles assez longuement l'attention du lecteur, afin de lui faire entrevoir tout ce qu'il y avait de grand et de satisfaisant dans les théories qui relient tout le règne animal dans un vaste réseau de liens de parenté. Nous l'en félicitons vivement, car nous pensons que, loin de fermer à la jeunesse les portes de cet édifice et de raccourcir pour elle les horizons, il convient de lui montrer l'horizon lumineux et attachant où la conduiront l'étude parfois fastidieuse et rebutante des détails. C'est là, à notre avis, un moyen d'encourager ceux qui étudient et de leur faire supporter les fatigues et les aridités de la route.

L'exposé clair, succinct, que fait M. Sicard des théories de la descendance a les proportions convenables à un Traité de Zoologie écrit de nos jours, et nous ferons remarquer avec plaisir que M. Sicard n'a point oublié la part si considérable qui revient à la France dans l'édification de ces grandes vues. Justice est rendue par lui au grand Lamarck, le vrai père de la théorie de la descendance, et après lui à Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, son disciple.

La zoologie descriptive ou systématique n'est pas moins bien traitée que la zoologie générale. Nous ne saurions entrer dans le détail des classifications, mais nous pouvons dire que les caractères des groupes de divers ordres sont donnés avec clarté et d'une manière suffisamment étendue.

De nombreuses figures, dont beaucoup sont originales, viennent très heureusement compléter les descriptions et fournir à l'esprit ce secours de l'œil si puissant, et si indispensable parfois, dans les Traités descriptifs.

Nous pensons assez de bien de l'œuvre de notre savant Collègue M. Sicard pour ne point hésiter à faire à son sujet quelques observations, qui d'ailleurs s'appliquent également à bien d'autres qu'à lui.

Il est, dans la science, des erreurs qui doivent à la noblesse de leur origine d'être fidèlement conservées, et de reparaître inévitablement dans les publications successives qui traitent des mêmes matières. Chacune de ces citations successives semble d'ailleurs constituer pour ces erreurs un nouveau quartier de noblesse et confirmer la légitimité de leur crédit. Il serait à désirer que les auteurs de Traités classiques se missent en garde contre ces erreurs acceptées de confiance comme des vérités, et de réagir en faveur de la vérité scientifique. Ils ont, sous ce rapport, à la fois plus de puissance et par conséquent plus de responsabilité que les auteurs de mémoires spéciaux ou de recher-

Digitized by Google

ches originales, car ces derniers ne s'adressent qu'à un public trop restreint pour réformer l'opinion.

Les exemples de ces répétitions inconscientes de faits erronés ne font certes pas défaut, et on les retrouve même dans les livres les plus sérieusement composés et sous la plume des auteurs les plus scrupuleux. M. Sicard lui-même n'est pas à l'abri de ce reproche, et il nous permettra de lui signaler deux faits sur lesquels il pourra diriger son attention dans une seconde édition qui ne saurait se faire longtemps attendre.

M. Sicard a reproduit (pag. 428) les dessins de Fabre sur les métamorphoses du *Sitaris muralis*, et avec l'auteur si distingué de tant de travaux d'entomologie, il a représenté la première larve ou *triongulin* avec des membres terminés par *une seule griffe*. C'est pourtant là une erreur d'observation de M. Fabre, erreur d'autant plus étonnante que le terme de *triongulin*, créé par Dufour, est en contradiction avec la disposition anatomique dessinée. Cela est si vrai que ce terme lui-même a éveillé l'attention de plusieurs observateurs, et de M. Valéry-Mayet entre autres, et leur a fourni l'occasion de constater que les pattes des triongulins se terminaient en réalité par trois griffes.

Il est un second fait du même ordre que M. Sicard me permettra de relever dans l'intérêt de ce que je crois être la vérité scientifique. Les *Éléments de Zoologie* reproduisent, comme tous les ouvrages classiques ou autres de zoologie, la figure schématique de Rathke représentant la transformation des arcs aortiques primitifs chez les Oiseaux. De cette figure, il résulte que le tronc brachio-céphalique gauche des Oiseaux a été formé par le quatrième arc aortique gauche primitif et représente l'aorte gauche des Reptiles. C'est là une vue que l'anatomie comparée repousse entièrement, et que j'ai combattue, au nom de cette dernière, dans mon travail sur le Cœur des Vertébrés. J'ai démontré en effet :

1° Que le tronc brachio-céphalique gauche des Oiseaux était le représentant rigoureux de celui des Reptiles, et que, même chez certains perroquets, la distribution des troncs brachio-céphaliques présentait une *identité* remarquable avec celle de ces mêmes troncs chez les Crocodiliens.

2° Que tandis que l'aorte gauche des Reptiles est toujours embrassée, comme l'aorte droite, par la courbe du nerf récurrent du même côté, le tronc brachio-céphalique gauche des Oiseaux n'est jamais embrassé par ce nerf, tandis que l'aorte droite l'est toujours.

3° Que conséquemment l'aorte gauche des Reptiles avait disparu chez les Oiseaux, ce qui est d'ailleurs en relation avec la suractivité

Digitized by Google

de la respiration aérienne chez ces animaux. La conservation de l'aorte gauche, en effet, ne s'explique que par un défaut d'activité dans la circulation pulmonaire, qui exige un canal de dérivation issu du ventricule droit.

Ces observations faites (et quel est le livre assez parfait pour ne point en provoquer de semblables?), disons que nous sommes heureux de souhaiter la bienvenue à l'œuvre si recommandable du savant Professeur de la Faculté des Sciences de Lyon ; nous avons parcouru son livre avec un vif intérêt, et c'est avec bonheur que nous nous sommes rappelé, en le lisant, que M. Sicard avait été des nôtres et avait compté parmi les agrégés les plus distingués de la Faculté de Médecine de Montpellier.

Grâce à lui, une lacune est comblée dans la bibliographie zoologique française, et nous avons un bon livre d'origine française à recommander à ceux qui veulent acquérir des notions vraiment scientifiques et assez étendues du règne animal.

A. Sabatier.

Traité d'Anatomie comparée pratique ; par le Pr Carl Vogt et Émile Yung.

Quoiqu'il n'ait encore paru que deux livraisons de cette publication qui en comptera au moins douze, nous la considérons comme trop importante et d'une trop haute valeur pour ne pas l'annoncer et la recommander à nos lecteurs.

Le plan de l'ouvrage est digne d'être signalé. Après une Introduction dans laquelle sont esquissés à grands traits, mais d'une main sûre, les idées générales qui intéressent l'organisation du règne animal et les rapports des fórmes entre elles, les auteurs de l'ouvrage que nous analysons ont judicieusement placé un résumé des meilleurs procédés employés par la technique zootomique,

Les moyens de recherches ont fait de très grands progrès dans ces dernières années ; un nombre considérable de procédés de dissociation, de durcissement, de coloration, d'injection, ont été publiés et prônés. Il est impossible, pour celui qui débute dans l'étude de l'anatomie, de se retrouver dans ce dédale de liqueurs, de substances, de tours de mains, qui lui sont conseillés par leurs inventeurs. Il est très heureux que des hommes de grande expérience lui donnent un choix tout fait de ces moyens d'étude, et lui évitent une perte de temps et parfois le découragement et le dégoût. C'est là un obstacle d'autant plus sérieux qu'il se présente dès le début des études; et il faut

Digitized by Google

savoir gré à MM. Vogt et Yung de l'avoir supprimé par leurs excellentes généralités sur la technique.

A ces notions préliminaires succède l'étude de l'anatomie proprement dite. Dans cette partie, qui est le livre lui-même, a été adopté un plan excellent pour l'étude, et qui fera du *Traité d'Anatomie comparé pratique* le *vade-mecum* de tout homme qui voudra se livrer à l'étude de cette science. Au lieu d'accumuler des notions multiples et de ramasser dans une description générale tous les caractères et tous les détails d'organisation plus ou moins variables d'un groupe, les auteurs ont choisi un type déterminé de ce groupe, celui qui en représente le mieux la disposition normale; ils ont indiqué les lieux où on peut se le procurer, les modes de préparations qui lui conviennent pour l'étude. Ils en ont ensuite fait une description claire, méthodique, complète, passant en revue tous les appareils, tous les organismes, tous les systèmes histologiques.

Il est à peine nécessaire de faire ressortir ce que ce plan a de réellement et de profondément pratique. Au lieu de disperser son attention sur des types divers qu'il lui est le plus souvent même impossible de se procurer, au lieu de perdre son temps à rechercher sur un type une disposition qui n'appartient peut-être qu'à des types voisins, l'étudiant concentre toute son attention sur une forme bien définie et dans l'étude de laquelle il lui devient impossible de s'égarer, puisqu'il a sous les yeux une description très claire, très précise, s'appliquant rigoureusement à l'animal qu'il a entre les mains, et de nombreux dessins très nets, très purs de ligne, et qui la défendent de toute méprise. Avec un guide aussi sûr, le travailleur a le sentiment qu'il marche sur un terrain solide et qu'aucun de ses pas en avant ne devra être suivi d'un retour regrettable. Une fois le type d'un groupe bien connu, il lui sera facile d'entreprendre l'étude des autres types du même groupe. Sa route sera jalonnée de points de repère précieux, et la confusion sera nécessairement évitée.

Donnons un exemple de cette méthode pour en faire apprécier toute la valeur. Pour la classe des Hydroméduses par exemple, MM. Vogt et Yung distinguent deux formes principales à étudier, la forme médusoïde et la forme polypoïde. Pour la forme médusoïde, le type choisi est l'*Aurelia aurita*, si commune à Cette, où M. Vogt est venu l'étudier dans le laboratoire même de la Station zoologique. Pour la forme polypoïde, c'est l'*Hydra grisea*, si commune dans les eaux douces. Chacun de ces types est successivement étudié. Pour le premier, on trouve successivement les procédés de préparation, la description des formes et des organes externes (ombrelle, tenta-

Digitized by Google

cules, velarium, corpuscules marginaux, sous-ombrelle), puis celle du système digestif, des canaux gastro-vasculaires, et enfin des organes reproducteurs.

Pour la forme polypoïde, le type choisi est celui de l'*Hydra grisea*, dont une description générale est suivie de l'étude de l'ectoderme (cellules urticantes ou nématocystes, cellules musculaires, cellules nerveuses, cellules glandulaires, etc., etc.).

L'exemple qui précède suffira pour faire apprécier du lecteur un ordre si heureux, qui le prend pour ainsi dire par la main et qui le conduit pas à pas des parties superficielles aux parties profondes, et qui lui permet d'étudier très méthodiquement un type bien déterminé et qu'il lui est facile d'avoir sous la main.

Pour notre compte, nous déclarons avoir compris, dès l'apparition du premier fascicule, le rôle important qu'un pareil Traité était appelé à jouer dans les Facultés des Sciences, et en particulier pour la préparation à la licence ès-sciences naturelles; nous en avons dès l'abord conseillé l'usage à nos élèves, et nous devons dire qu'ils n'ont eu qu'à se féliciter d'un pareil choix. Ils font le meilleur éloge de l'ouvrage en cours de publication, en exprimant leur vive impatience de voir les fascicules se succéder rapidement.

Nous joignons nos vœux à ceux de nos élèves, dans l'intérêt des études pratiques d'anatomie comparée dans nos établissements d'enseignement supérieur. A. Sabatier.

Poissons et Reptiles du lac de Tibériade et de quelques autres parties de la Syrie; par le Dr L. Lortet, Directeur du Muséum d'Hist. nat. de Lyon (Extrait des *Annales du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*).

Chargé d'une mission scientifique par M. le Ministre de l'Instruction publique, M. le Dr Lortet a publié dans les archives du muséum d'Histoire naturelle de Lyon, un beau volume dans lequel il a réuni ses observations sur les Poissons et les Reptiles du lac de Tibériade.

Dans une Introduction pleine d'intérêt et de pittoresque, M. Lortet décrit la région du lac de Tibériade et met le lecteur au courant de la topographie et de la climatologie de ce lac intéressant, situé à 212 mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée.

Les lacs Houleh et Yammouni ont été également explorés et fouillés par M. Lortet, dont la description imagée et d'un vif coloris fait naître dans l'esprit du lecteur le désir de parcourir la même route et de contempler les mêmes horizons.

Digitized by Google

A la partie topographique et pittoresque succède la partie plus strictement scientifique de l'ouvrage. Les poissons du lac de Tibériade y sont classés et décrits. On trouve là des représentants des familles des Blennidæ, des Mugilidæ, des Chromidæ, des Siluridæ, des Cyprinidæ, des Caprinodontidæ, des Murenidæ, qui offrent toutes un intérêt réel, mais parmi lesquelles les Chromidæ méritent une attention spéciale, à cause des mœurs si singulières que présentent la plupart des espèces du genre Chromis. « La plupart, dit »M. Lortet, incubent leurs œufs gros et verdâtres et élèvent leurs »petits dans l'intérieur de la bouche. On trouve souvent dans la »gueule d'un poisson long de 20 centim. à peine, plus de 200 petits »d'une couleur argentée qui tombent sur le sable comme des goutte»lettes de mercure. Ces alevins restent pendant quelques semaines »dans cette singulière demeure protectrice, et n'en sortent que lors»qu'ils sont assez vigoureux pour subvenir à leur nourriture et »échapper à leurs nombreux ennemis. Une de ces espèces, le *Chro»mis Simonis*, a une gueule énorme, comparée aux dimensions de son »corps, et au printemps les joues du mâle sont gonflées par les »œufs ou le fretin qu'il transporte toujours avec lui. On ne s'explique »pas comment ce tendre père peut saisir une proie quelconque sans »avaler quelques-uns de ses enfants.»

A l'étude des Poissons, succède une liste des Reptiles rencontrés par M. Lortet dans ses voyages en Syrie. L'ouvrage se termine par la description de l'Orchestia Tiberiadis, petit amphipode découvert par M. Lortet dans le lac de Tibériade, par la liste des Diatomées du même lac, déterminées par M. Petit, et par celle enfin des Desmidiées, déterminées par M. Brun.

Nous ne saurions terminer cette courte analyse sans dire que le Mémoire de M. Lortet est accompagné de 19 belles planches, dessinées et lithographiées par M. Gauthier, et qui ne le cèdent en perfection à aucune œuvre de ce genre. C'est là le digne accompagnement d'une œuvre où le texte, aussi bien que l'exécution, sont un exemple de l'alliance heureuse du sentiment artistique et de l'esprit scientifique.

A. Sabatier.

Recherches sur les Échinides des côtes de Provence ; par René Kœhler.
(Extrait des *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille.*)

Le Mémoire n° 3 des Annales du musée d'Histoire Naturelle de Marseille vient de paraître, et nous ne résistons pas au plaisir de

Digitized by Google

dire quelques mots de cette belle publication, qui se fait sous la direction de notre distingué Collègue, le professeur Marion.

Les recherches sur les Échinides, de M. Kœhler, forment un fort beau volume accompagné de 7 planches fort bien dessinées par l'auteur du Mémoire, et reproduits en chromolithographie. Notre but n'est pas de donner ici une analyse de ce Mémoire : le sujet en est trop spécial pour qu'en quelques lignes nous puissions donner au lecteur un aperçu utile des notions sérieuses qu'il pourra puiser dans ce volume, soit sur l'organisation de Échinides, soit sur la faune échinologique des côtes de Provence. Mais nous avons tenu à signaler aux hommes de science une publication qui fait honneur à la fois à son auteur et à l'établissement scientifique dans lequel ont été faites et menées à bonne fin ces difficiles et délicates recherches.

A. Sabatier.

Botanique.

Sur le Collenchyme ; par M. Giltay, Dr ès Sciences, Docent à l'Université de Leyde.

Le mot de *collenchyme* ne désigne pas un tissu tout à fait spécial et parfaitement distinct : entre le collenchyme qu'on peut nommer *typique*, avec ses cellules allongées et épaissies aux angles, et le sclérenchyme, on observe tous les intermédiaires possibles. L'éclat des parois n'est pas non plus un critérium absolu, attendu qu'on le rencontre ailleurs. Il se présente toutes les fois que, l'indice de réfraction des parois cellulaires étant plus considérable que celui du milieu ambiant, les conditions de mise au point et de distance focale sont telles qu'il sort, par la face supérieure des parois collenchymateuses venant grossir les faisceaux normaux qui en émanent, assez de rayons pour que la perte d'intensité que ces faisceaux ont subie dans leur passage à travers la paroi soit plus que compensée. La mise au point sur la face supérieure des parois est indispensable pour que cet éclat soit obtenu. Si l'on met au point la face inférieure, l'effet produit est inverse et le milieu ambiant apparaît plus lumineux que les parois collenchymateuses qu'il baigne.

Les observations de l'auteur lui paraissent propres à confirmer l'opinion de M. Dippel touchant la lamelle moyenne commune à deux cellules contiguës, opinion solidement appuyée déjà, du reste, par M. Strasburger. Quand on sépare ces éléments les uns des autres par l'acide chromique, les parois se montrent limitées en dehors par une zone claire et

Digitized by Google

brillante, probablement le reste de la lamelle moyenne. Cette zone claire apparaît encore à l'extérieur des parois collenchymateuses, là où celles-ci sont naturellement séparées, laissant entre elles un méat. Ces méats existent toujours quand le collenchyme contient de la chlorophylle. L'auteur paraît, en outre, admettre l'existence d'une matière intercellulaire au milieu même de la lamelle moyenne, matière qui aurait été résorbée au niveau de ces méats.

Quand elles sont très allongées, les cellules du collenchyme peuvent montrer des cloisons transversales faciles à distinguer des parois terminales de la cellule par leur direction horizontale et leur moindre épaisseur. On reconnaît aussi, par traitement avec l'acide chromique, que les parois transversales résultent essentiellement de l'accolement des parois des cellules nouvelles qui se sont formées dans la cellule primitive ; c'est là une sorte d'emboîtement qui d'ailleurs n'est pas spécial aux éléments du collenchyme.

L'auteur n'admet pas sans réserve les conclusions de M. Ambronn, d'après lesquelles les cellules du collenchyme ne se gonfleraient que très peu dans l'eau et ne posséderaient qu'un pouvoir d'hydratation faible. En premier lieu, de ce que l'action d'agents déshydratants ne produit pas de contractions sur des coupes transversales, on ne peut conclure absolument que la faculté de gonflement ne puisse être plus considérable dans le sens longitudinal ; en second lieu, il pourrait se faire que l'affinité des parois pour l'eau fût trop considérable pour que l'action déshydratante de l'alcool ou de la glycérine fût capable de s'exercer.

En mesurant aussi exactement que possible l'épaisseur moyenne des parois collenchymateuses de coupes transversales, avant et après traitement par des agents déshydratants, l'auteur a presque toujours observé une contraction notable, pouvant même aller jusqu'à 32 0/0. Ainsi que l'admet Schleiden, il a reconnu que le collenchyme est le tissu le plus riche en eau dans sa jeunesse, tandis que plus tard la proportion d'eau diminue.

L'action des matières colorantes et des réactifs très variés ne donne point de réaction distinguant nettement le collenchyme des cellules parenchymateuses à parois minces, non lignifiées.

Le collenchyme typique ne contient point de chlorophylle. Quand cet élément y apparaît, les cellules collenchymateuses se montrent plus ou moins modifiées : leurs parois sont plus minces et des méats apparaissent entre elles. Il existe souvent, ainsi, une spécialisation d'une partie du collenchyme contenant de la chlorophylle, dictinct du collenchyme typique incolore (*Fittonia argyroneura*, *Ficus*, etc.).

Le collenchyme, de même que le sclérenchyme, fait partie des tissus

Digitized by Google

mécaniques. Son rôle consistant à s'opposer aux efforts de flexion, sa situation doit être aussi extérieure que possible. Mais comme cette dernière condition est aussi exigée par le tissu assimilateur, il s'ensuit, entre ces deux ordres de tissus, une sorte de lutte d'où résultent des dispositions respectives diverses, l'un des deux étant repoussé plus en dehors ou plus en dedans. Quand le collenchyme est sous-épidermique, il est naturellement interrompu au niveau des stomates; mais quand il est situé dans le tissu assimilateur, il peut être continu.

Il existe une différence bien moins tranchée entre le collenchyme et le tissu assimilateur qu'entre ce dernier et le sclérenchyme. Dans ce que Schwendener a nommé la lutte entre ces deux derniers tissus, l'un des deux est forcément refoulé; mais quand il s'agit du tissu assimilateur et du collenchyme, il peut y avoir une troisième issue réalisée quand les cellules du collenchyme acquièrent des parois moins épaisses et prennent de la chlorophylle.

Parmi les particularités intéressantes que peut présenter le sclérenchyme au point de vue mécanique, on doit mentionner tout spécialement sa disposition dans les organes bilatéraux.

La feuille étant sollicitée constamment par la pesanteur, il est rationnel que le collenchyme y soit distribué de façon à résister le plus possible à cette force, condition qui sera d'autant mieux réalisée que les bandelettes de collenchyme supérieure et inférieure d'une même nervure seront plus éloignées l'une de l'autre. Sous l'influence de la pesanteur, il est à remarquer que la face supérieure de la feuille subit une tension par suite de la courbure qui lui est imprimée, la face inférieure une compression. Or, la résistance à cette tension dépendant surtout du nombre des éléments résistants et de leur distance à la couche neutre, leur arrangement étant d'ailleurs sans importance, on doit s'attendre à trouver le collenchyme disposé de telle sorte qu'il soit toujours éloigné le plus possible de la couche neutre; il est alors immédiatement sous-épidermique si la nervure ne fait pas saillie au-dessus du limbe, et si la nervure est saillante on le voit occuper le sommet de cette côte ou la remplir tout entière. Le côté inférieur de la nervure, étant plus spécialement disposé pour résister à la compression et à la rupture, est généralement proéminent. C'est à la partie la plus saillante, et souvent aussi latéralement, que se trouve distribué le collenchyme.

Les pétioles se comportent dans beaucoup de cas comme des *organes caulinaires réfractaires à la flexion*. Mais souvent aussi on y observe une disposition très analogue à celle que l'on trouve dans la feuille, ce qui est tout naturel, puisqu'ils se trouvent ordinairement dans les mêmes conditions. Aussi la face supérieure du pétiole est-elle fréquemment

Digitized by Google

aplatie, ou tout au moins saillante, à un bien plus faible degré que le côté inférieur ; souvent aussi le collenchyme s'y montre surtout accumulé à la partie supérieure et à la partie inférieure.

Le sclérenchyme, n'étant pas susceptible d'allongement, est remplacé par le collenchyme dans certaines circonstances, chez les plantes grimpantes et dans les entre-nœuds en voie d'allongement, et dans les vrilles qui ne se sont pas encore accrochées. Le collenchyme peut d'ailleurs être bien développé dans les vrilles et les entre-nœuds des espèces d'un même genre, et non dans ceux qui sont plus faibles, ainsi que l'auteur l'a constaté chez les *Smilax*, *Bignonia*, etc. Il est naturellement mieux développé à la base des vrilles qu'à leurs extrémités. On constate aussi parfois, dans la disposition du collenchyme des vrilles, une monosymétrie analogue à celle qu'on rencontre dans les pétioles, ainsi qu'on le constate chez le *Luffa Petola* et certaines Passiflores.

La présence du collenchyme n'a été constatée que chez quelques Monocotylédones (*Tradescantia argentea*, *erecta*, etc., *Dichorisandra*, *Zea Maïs*, *Dioscorea villosa*, *D. sinuata*, *Tamus communis*, *Aroidées*). M. Giltay en a rencontré dans toutes les Monocotylédones volubiles qu'il a eu l'occasion d'étudier. Ainsi l'*Asparagus scandens* est pourvu d'un épiderme collenchymateux ; les vrilles du *Smilax officinalis* ont un tissu sous-épidermique collenchymatoïde, etc.

La valeur mécanique du collenchyme n'est pas douteuse. Elle se déduit de sa distribution même dans la plante et de sa faculté de résistance à la traction, peu inférieure à celle du sclérenchyme d'après M. Ambronn. Or les cellules collenchymateuses possèdent une structure qui répond à deux rôles distincts qu'elles doivent remplir : offrir une résistance suffisante et rester en communication avec les tissus vivants qui les environnent.

La forme allongée de ces éléments, leurs extrémités pointues, leurs parois épaissies, répondent au premier besoin ; les canaux, souvent très larges, qui existent dans leurs parois quand celles-ci sont partout épaissies, canaux qui sont remplacés par les places minces chez les cellules collenchymateuses épaissies seulement aux angles, satisfont au second besoin. Il est à remarquer, en outre, que le dépôt de matière intercellulaire se fait surtout là où, chez les autres cellules, la communication par contact mutuel a le moins d'importance, c'est-à-dire aux angles ; en ces points en effet, dans le parenchyme ordinaire, on sait que les parois des cellules contiguës sont souvent séparées par un méat. Mais, d'un autre côté, l'absence de méats empêchant tout accès direct de l'air dans les cellules collenchymateuses, la chlorophylle ne peut y jouer qu'un rôle

Digitized by Google

peu important. Aussi ne s'y montre-t-elle que très peu abondante, ou souvent même fait-elle absolument défaut.

Le manque de solidité qui semble devoir résulter de la présence de minces lamelles existant entre les places épaissies de la cellule, est compensé par la turgescence même de la cellule collenchymateuse dans laquelle le protoplasma reste longtemps vivant. Cette disposition permet, en outre, au collenchyme de s'accommoder aux flexions de l'organe où il se trouve.

Dans certains cas (*Habrothamnus elegans*, *Rubia peregrina*), les cellules de collenchyme étant épaissies à peu près uniformément sur leurs parois tangentielles et peu sur leurs parois radiales, il existe des sortes d'anneaux concentriques de substance collenchymateuse, unies radialement par de minces traînées cellulosiques. Souvent même l'ensemble du collenchyme d'un axe est divisé en deux zones concentriques reliées par des bandes radiales du même tissu.

Enfin le volume moindre des cellules du collenchyme, et par conséquent l'accumulation plus considérable de substance solide dans un espace donné, compense encore le défaut de résistance qui pourrait résulter de la présence des places minces. Il n'en demeure pas moins vrai que, sous le rapport de la quantité de matière pariétale qui peut être rassemblée sur une surface déterminée, le collenchyme le cède au sclérenchyme.

L. C.

Couleur et assimilation ; par M. Th. W. Engelmann. *Ann. des Sc. natur.*, 6e série, tom. XV, pag. 357. (Traduit du hollandais.)

Depuis longtemps, on considère comme un fait bien démontré que la fonction d'assimilation, c'est-à-dire la décomposition de l'acide carbonique de l'air, avec fixation du carbone et dégagement d'oxygène, a son siège dans la matière verte ou chlorophylle. Quelques objections relatives à des plantes parasites ou à des algues diversement colorées, ont été facilement réfutées par la découverte du pigment vert plus ou moins rare ou voilé par d'autres matières colorantes.

Cependant une théorie nouvelle a surgi tout à coup, et la grande autorité de M. Pringsheim, son auteur, lui a donné aussitôt un grand poids: ce savant ne voit dans la chlorophylle qu'un écran protecteur contre une oxydation trop énergique provoquée par la lumière dans le protoplasma. En résumé, tout protoplasma subirait une oxydation, mais la chlorophylle l'empêcherait d'être excessive.

Chacun sait aujourd'hui quelle application remarquable a été réalisée

Digitized by Google

par M. Engelmann, grâce à la connaissance des conditions biologiques des Bactéries aérobies. Elles sont devenues entre ses mains le réactif microchimique le plus précieux de l'oxygène. Ces petits êtres ont la propriété de rechercher l'oxygène avec une avidité telle, que tout point d'une préparation microscopique où il n'y a pas d'oxygène est bientôt déserté, que les bords de la préparation, que les environs d'une bulle d'air, sont au contraire peuplés de bactéries très vivantes et actives. Si donc on fournit à une préparation microscopique quelconque une source d'oxygène, fût-elle infiniment faible, l'arrivée et l'accumulation des bactéries autour de cette source d'oxygène en révèle la présence mieux que tout autre réactif. On peut donc affirmer que toute trace d'oxygène dégagée par un élément anatomique ou par une de ses parties serait aussitôt révélée par l'accumulation des bactéries. Or le résultat le plus important des recherches dont nous donnons ici le résumé, c'est que jamais on n'a observé le moindre dégagement d'oxygène dans le protoplasma incolore; que toutes les cellules contenant de la chlorophylle, et dans ces cellules les corps chlorophylliens eux-mêmes, si petits qu'ils soient, sont capables de déterminer un dégagement d'oxygène, à l'exclusion de toutes les autres parties.

L'auteur montre, en outre, que les matières colorantes superposées à la chlorophylle, notamment dans les algues, modifient dans une notable mesure la marche du phénomène d'assimilation. Les études, devenues classiques, de M. Timiriazeff ont montré que lorsqu'il s'agit de cellules vertes, c'est-à-dire renfermant de la chlorophylle pure, le maximum de l'action assimilatoire se trouve dans le rouge, entre les raies B et C, que le minimum se trouve dans le vert, au voisinage de la raie E. S'il s'agit de cellules jaunes comme celles des Diatomées, on trouve aussi un premier maximum entre B et C, mais le maximum absolu est atteint entre D et E. Pour les cellules de Cyanophycées, le maximum se trouve dans le jaune. Dans les Floridées, le maximum se trouve dans le vert, là même où on a observé le minimum pour les cellules vertes ordinaires.

Dans ses observations, M. Engelmann conclut que les matières colorantes, telles que la cyanine, la xanthophylle ou l'érythrophylle, ne doivent pas être considérées, comme elles l'ont été jusqu'à présent, comme voilant simplement la chlorophylle et n'ayant aucun pouvoir assimilateur. Ces matières agiraient comme des écrans, et, quelle que soit leur nature, tendraient à affaiblir le maximum d'assimilation. Nous venons de voir qu'il n'en est pas ainsi, que toutes agissent d'un façon différente, il est vrai, mais concourent à une fonction commune, l'assimilation.

Digitized by Google

Notes sur l'Embryon, le sac embryonnaire et l'Ovule : par M. M. Treub [1]. (*Annales du Jardin botanique de Buitenzorg* ; Leide, 1883, vol. III, pag. 120-128, et Pl. XVIII et XIX.)

Les graines exalbuminées, à embryon indivis, assignées aux Burmanniacées, ont fait rapprocher cette famille de celle des Orchidées ; mais M. Treub, en étudiant les jeunes graines du *Gonyanthes candida*, a reconnu que ce qu'on prenait pour un embryon était en réalité un albumen à la partie supérieure duquel se trouve logé l'embryon, d'ailleurs fort réduit. Au début, il est uni-cellulaire ; mais lorsque la graine approche de la maturité, il est formé de deux cellules superposées; plus tard, dans la graine mûre, l'embryon présente une ou peut-être deux cloisons longitudinales ; son développement ne va pas plus loin. Les phénomènes sont les mêmes dans le *Burmannia javanica*, seulement ici l'embryon de la graine mûre est un peu plus développé. Ainsi, pour ce qui est de sa structure intime, la graine des Burmanniacées diffère essentiellement de celle des Orchidées et ressemblerait plutôt à celle des Taccaccés.

On sait d'une manière générale que, chez les Orchidées, l'épaississement de l'ovaire, la formation des ovules et le développement complet des placentas, résultent d'une action spécifique exercée par les tubes polliniques. M. Treub a observé des ovaires de *Liparis latifolia* plus ou moins épaissis avant l'ouverture du bourgeon floral. Il n'y avait pourtant pas eu fécondation directe, ni cleistogamie, puisque les pollinodes ne s'étaient pas complètement développés. Il résulte des observations de M. Treub que le renflement de l'ovaire est dû dans ce cas à la présence de larves d'insectes qui l'habitent. Au début, ce renflement ne diffère guère de celui qui provient de la pollinisation; mais, plus tard, la forme est différente, et, de plus, la cavité ovarienne est plus étroite et ses parois sont plus épaisses. Les placentas sont plus digités que les placentas normaux, et ces digitations arrivent finalement à produire des ovules avec téguments et nucelle réduit dans ces mêmes ovaires ; il y a des digitations qui ne sont pas arrivées jusqu'à l'état d'ovules. De ces faits, M. Treub conclut que l'état normal des Orchidées ne tient pas à une action spécifique exercée par les tubes polliniques, mais bien à ce qu'il survient un courant de substances nutritives vers l'ovaire. Toute autre cause qui pourra déterminer un même courant produira la même série de phénomènes: c'est ce qui est produit dans le *Liparis latifolia* par la présence de larves dans l'ovaire.

J. H.

---

[1] Voy. *Revue des Sc. nat. de Montpellier*, 3e série, tom. II, pag. 146.

Digitized by Google

Observations sur les Loranthacées, par M. M. Treub [1]. (*Ann. du Jard. bot. de Buitenzorg*, vol. III ; Leide, 1883, pag. 184-190 et pl. XVIII et XXIX.)

Dans le *Loranthus pentandrus*, le canal stylaire s'élargit à sa base, en formant ainsi une cavité ovarienne vide. Les cellules épidermiques qui occupent le fond de cette cavité, ainsi que les cellules sous-jacentes, sont gorgées de protoplasma ; au-dessous, les cellules sont collenchymateuses. Plus tard, les cellules de l'assise sous-épidermique s'allongent fortement et constituent un ensemble semblable à un jeune hyménium d'ascomycète et renfermant les cellules mères des sacs embryonnaires ; ceux-ci se développent au nombre de 5-8, les autres cellules avortant. Les sacs s'allongent énormément et entrent dans le style, à l'intérieur duquel ils s'élèvent à des niveaux différents. La base de chaque sac est assez large ; mais la partie qui suit est rétrécie en tube étroit et ne s'élargit de nouveau qu'au sommet.

La partie rétrécie des sacs se trouve généralement à côté du canal stylaire ; mais leur extrémité gonflée, renfermant les appareils sexuels, se trouve toujours dans le canal stylaire, attendant la fécondation.

A la suite de la fécondation, un seul embryon se développe. Il se forme d'abord un proembryon composé d'une double file de cellules, s'avançant vers la base du sac, où l'endosperme commence à se former. Bientôt l'embryon différencié est arrêté dans sa marche descendante par la couche de collenchyme, contre laquelle il s'applique en subissant un notable aplatissement. Mais l'endosperme, qui se développe en même temps que l'embryon, ne tarde pas à s'insinuer entre lui et la couche de collenchyme, dont il le sépare et l'éloigne de plus en plus. L'embryon subit ainsi une migration jusqu'au moment où son extrémité radiculaire épaissie sort du corps endospermique lui-même.

Les mêmes phénomènes ont été observés dans le *Loranthus repandus* et le *Lepeostegeres gemmiflorus*.

J. H.

Sur le Myrmecodia Echinata Gaudich, par M. M. Treub. (*Ann. du Jard. bot. de Buitenzorg*, vol. III ; Leide, 1883, pag. 129-159 et pl. XX et XXIV).

Les *Myrmecodia* sont des Rubiacées épiphytes composés de gros tubercules surmontés d'une ou plusieurs tiges feuillées. Ces tubercules,

---

[1] Voy. *Revue des Sc. nat. de Montpellier*, 3e série, tom. I, pag. 221 ; et 3e série, tom. II, pag. 145.

Digitized by Google

au lieu de former une masse continue, sont creusés de cavités et de couloirs communiquant au dehors par plusieurs ouvertures et très généralement habités par des fourmis. Toutes sortes d'opinions ont été émises sur le compte de ces végétaux si singuliers : pour Rumphius, ils sont produits par les fourmis elles-mêmes ; pour Jack, ce sont les fourmis qui creusent les galeries ; enfin, pour MM. Caruel et Beccari, il y a mutualisme entre la plante et les fourmis. Il y a bien au début un renflement de l'axe hypocotylé, mais ce renflement s'arrête et la plante meurt si elle n'est pas à ce moment piquée par les fourmis. M. Treub a étudié la formation et l'anatomie de ces tubercules, et il a cherché ensuite à se rendre compte des rapports plus ou moins directs qui pouvaient exister entre le tubercule et ses habitants.

En observant des graines en germination, on remarque que l'axe hypocotylé se renfle en bas dès le début, et qu'au moment où les cotylédons se dégagent de l'enveloppe de la graine, l'axe hypocotylé a pris le caractère d'un tubercule vert. Plus tard, on remarque vers le bas ou latéralement, une ouverture très nette, donnant accès à une galerie intérieure. Enfin, plus tard encore, le nombre des galeries augmente, et tous ces couloirs communiquent les uns avec les autres aussi bien qu'avec l'extérieur.

Comment se sont produits tous ces phénomènes ? Une section transversale d'un tubercule jeune montre un seul faisceau libéro-ligneux central, de structure binaire, entouré par le parenchyme, limité lui-même extérieurement par l'épiderme. Bientôt une assise génératrice de liège se forme à la périphérie, en même temps que des faisceaux libéro-ligneux apparaissent dans le parenchyme sur une ligne parallèle à l'assise périphérique de liège ; au nombre de 6 à 10 au début, ils deviennent plus nombreux dans la suite et finissent par se relier entre eux. L'apparition de ces faisceaux précède la formation d'une zone génératrice parallèle à la circonférence, qui revêt bientôt le caractère d'une phellogène produisant du liège vers l'intérieur et du parenchyme secondaire vers l'extérieur. Il en résulte que les cellules du centre se dessèchent, que cette dessiccation cause des déchirures, et qu'ainsi il se forme un commencement de cavité centrale. Vers le haut, ce cambium subéreux se termine en voûte près de l'insertion de la tige, et vers le bas il s'avance jusqu'au phellogène périphérique. Au fur et à mesure qu'il se développe, les tissus qu'il entoure se dessèchent, et on a finalement une galerie axile, tapissée des cellules subérifiées, renfermant les restes du tissu desséché et communiquant bientôt au dehors par la destruction du mince disque de liège qui la fermait. Parfois, avant que la galerie soit accessible du dehors, il s'en forme une seconde à côté de la cavité

Digitized by Google

primaire. Le point essentiel dans ce qui précède, c'est que l'assise génératrice résulte d'une différenciation interne et n'a nullement pour point de départ une blessure faite au dehors par une fourmi ou un insecte quelconque.

Comment se font l'épaississement et l'accroissement du tubercule ? Tout le tubercule consiste en un échafaudage séparant entre elles les galeries recouvertes chacune d'une mince couche de liège sur les deux faces ; au-dessous de chaque couche s'étend son assise génératrice; entre ces deux assises phellogènes, le tissu est composé de parenchyme et de faisceaux libéro-ligneux. Comme nulle part dans le tubercule on ne trouve de cambium quelconque autre que les couches phellogènes internes, c'est à l'action combinée de ces diverses couches qu'il faut attribuer l'épaississement de ce tubercule. Lorsqu'une lame a atteint une certaine épaisseur, des deux côtés il se produit dans son intérieur un nouveau phellogène à section circulaire, qui d'une part diminue le tissu, puisqu'il est le précurseur d'un nouveau canal, et d'autre part contribue à la croissance du tubercule en produisant du parenchyme secondaire. De ces deux effets contraires, c'est le dernier qui a le dessus.

Les parois des galeries sont lisses ou bien garnies de proéminences, considérées jusqu'ici comme des glandes aptes à absorber certains principes nutritifs amenés par les fourmis. Ces proéminences, étudiées dans leur structure et leur développement, ne sont que des lenticelles différant fort peu des lenticelles ordinaires.

Maintenant, en ce qui concerne la question des rapports entre les fourmis et le développement des tubercules, y a-t-il mutualisme ou bien simple commensalisme de la part des fourmis ? Nous savons déjà que la première galerie n'est nullement creusée par les fournis ; en deuxième lieu, que les nouvelles galeries se forment comme la première, et, en troisième lieu, qu'il n'y a pas dans le tubercule d'organes sécrétant des matières dissolvantes ou pouvant absorber des substances nutritives apportées du dehors. Enfin, le premier épaississement n'a pas pour point de départ la piqûre d'une fourmi, ainsi que M. Treub a pu le constater par des germinations faites en l'absence de fourmis, et, de plus, la présence de ces animaux n'est pas nécessaire à la vie de la plante, puisqu'on peut fort bien les en expulser sans que la plante périsse pour cela. Les fournis ne viennent donc dans les tubercules de Myrmecodia que parce quelles y trouvent un gite sûr et les choisissent pour demeure. Quant à la fonction physiologique de tout ce dédale de galeries, M. Treub croit pouvoir l'expliquer en disant qu'il sert à permettre une libre circulation de l'air atmosphérique au dedans du tubercule ; d'ailleurs, la présence des

Digitized by Google

lenticelles à l'intérieur des galeries paraît devoir confirmer cette manière de voir.

Comme dernière particularité, M. Treub signale le cas très rare de la présence de racines transformées en épines.

J. H.

Géologie.

Welche Ablagerungen haben wir als Tiefsee-Bildungen zu betrachten; par M. Th. Fuchs. (*Neu. Jahrb. für Miner., Beil.* Band, II. 1882, 487; et Favre, *Revue Géol.* suisse, 1882.)

M. Fuchs a cherché à établir, à l'aide des faunes, le caractère des faciès littoraux et de ceux de grande profondeur, et il étudie ensuite la distribution de ces faciès dans les divers terrains.

D'après lui, c'est vers 40 ou 50 brasses que l'on doit placer la limite entre le faciès littoral et le faciès pélagique.

Dans le faciès littoral abondent les bancs de coraux, les dépôts d'algues, les bancs de bivalves. Au-dessous se montrent d'abord certains polypiers et les brachiopodes; puis, à de plus grandes profondeurs, les éponges siliceuses, les crinoïdes, les dépôts de globigérines, radiolaires ou diatomées, et, au point de vue minéralogique, les dépôts riches en silice et en chlorite.

M. Fuchs, adoptant les vues de M. Nathorst sur la production de diverses empreintes par les animaux, rapporte les fucoïdes des flysch à des traces de cette nature faites par divers animaux dans des eaux très profondes.

Il distingue dans les terrains les principaux faciès suivants :

FACIÈS LITTORAUX.	1° *Faciès coralligène :* calcaires coralliens, calcaires à nérinées, à hippurites, à caprotines, etc.
	2° *Couches à bivalves.*
	3° *Couches à scyphia* (faciès à spongiaires).
FACIÈS PÉLAGIQUE.	4° *Argiles à ammonites.*
	5° *Calcaires à ammonites.*
	6° *Calcaires à aptychus.*
	7° *Calcaires à brachiopodes.*

Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau et autres phénomènes analogues; par M. C. De Candolle. (*Bibliothèque universelle de Genève, Sciences physiques et naturelles*, 1883, pag. 241.)

Tous les géologues connaissent les *Ripplemarks*, mais leur mode

Digitized by Google

de formation restait encore à étudier d'une manière un peu complète et basée sur l'expérimentation.

D'après Lyell, ces rides ne sont autre chose que de petites dunes formées sous l'eau par des courants qui entraînent les grains de sable sur le fond. M. Beetes Jukes et M. Sorby les attribuent d'une manière plus précise aux courants d'eau formés par le flux et le reflux de la marée, qui produisent sur le sable les mêmes formes que les courants d'air sur la surface de l'eau.

M. Forel a de plus montré, en 1878, que l'explication de Lyell ne s'applique pas aux rides des eaux dormantes qui ont leurs deux faces parfaitement symétriques, ce qui ne pourrait avoir lieu pour une dune ; il a reconnu que dans le lac Léman leur direction est indépendante de celle du vent et des vagues, et il a admis que de telles rides de fond sont dues à des oscillations fixes résultant elles-mêmes de l'action prolongée du vent sur la surface.

Tout récemment enfin, M. Hunt était aussi arrivé à admettre, comme M. Forel, que l'orientation des rides est indépendante de la direction du vent qui produit les vagues.

M. De Candolle s'est occupé du phénomène des rides à un point de vue général, et, en remplaçant le sable successivement par diverses substances, il est arrivé à formuler la loi suivante : *Lorsqu'une matière visqueuse, en contact avec un liquide moins visqueux qu'elle-même, éprouve un frottement oscillatoire* (c'est-à-dire s'exerçant alternativement dans deux sens opposés) *ou intermittent* (c'est-à-dire agissant toujours dans un même sens, mais avec une intensité variable), *résultant du mouvement de la couche liquide qui la recouvre ou de son propre déplacement relativement à cette couche* : 1° *la surface de la matière visqueuse se ride perpendiculairement à la direction de ce frottement* ; 2° *l'intervalle compris entre les rides ainsi formées, autrement dit leur écartement, est en raison directe de l'amplitude du frottement.*

Le frottement oscillatoire nécessaire pour développer ces rides est dû, soit aux ondulations de la surface libre de l'eau, soit aux eaux courantes ; dans ce dernier cas, le frottement est le plus souvent rendu intermittent par les variations continuelles de la vitesse d'écoulement.

Le mémoire de M. De Candolle est accompagné de plusieurs photographies intéressantes, représentant les principales particularités de la formation des rides dans des auges rectangulaires, sur un fond circulaire ou dans un flacon.

Digitized by Google

Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice ; par Charles Barrois, in-4°, 622 pag., avec Atlas de 20 planch. (*Mémoires Société Géologique du Nord*, 1882, tom. II, Mém. n° 1.)

Le mémoire que vient de publier M. Charles Barrois restera certainement un des mémoires classiques de la géologie espagnole et prendra place à côté des travaux fondamentaux qui lui ont servi de base: ceux de Schulz, Paillette, de Verneuil, Casiano de Prado, etc.

Après avoir donné une courte introduction historique et une liste bibliographique détaillée, M. Barrois étudie successivement, dans les trois parties qui comportent le corps de l'ouvrage, la lithologie, la paléontologie et la stratigraphie. Chacune de ces branches est traitée à l'aide des rigoureuses méthodes que la science exige aujourd'hui, et un rapide résumé ne peut faire apprécier la valeur des détails ainsi accumulés; je ne puis qu'essayer de condenser en quelques lignes les principaux résultats de cette monographie, sans entrer dans un compte rendu approfondi de chacune de ces trois parties : je laisserai ainsi de côté les parties consacrées à l'étude lithologique des roches sédimentaires, qui emprunte un grand intérêt à l'emploi du microscope, ainsi que la partie paléontologique consacrée à la description des espèces.

Dans la première partie, M. Barrois étudie la pétrographie de chaque formation: schistes argileux, quartzites, calcaires, mimophyres granites, porphyres quartzifères, diorites, diabases, kersantites quartzifères récentes.

Mimophyres. — Les terrains cambrien, silurien et permien des Asturies contiennent des roches feldspathiques à texture schisteuse et porphyrique à la fois, qui paraissent régulièrement intercalées dans les couches de quartzites, de phyllades et de schistes sédimentaires ; leur position ne peut laisser de doute sur leur origine sédimentaire. Leur composition lithologique, assez variable, présente à l'œil nu une pâte analogue à celle des porphyres ou à celle des schistes chloriteux, avec des cristaux plus gros de quartz et de feldspath ; elles rentrent dans la catégorie des porphyres du Harz et des Ardennes, des roches vertes du Morvan et des mimophyres des Vosges.

Les mimophyres d'Espagne formeraient généralement, d'après M. Barrois, un terme intermédiaire entre les porphyroïdes clastiques de M. Renard, c'est-à-dire les porphyroïdes provenant de sédiments stratifiés clastiques, qui auraient cristallisé immédiatement après le dépôt, et les arkoses, qui sont des grès feldspathiques où domine le quartz.

Digitized by Google

Granites. — M. Barrois décrit successivement deux massifs principaux de granite éruptif, postérieur dans les deux cas aux schistes cambriens. Le premier massif, celui de Boal, indiqué comme granitique sur la carte de M. Schulz, a été au contraire rangé parmi les roches plutoniques par de Verneuil et Collomb.

Il présente les éléments suivants dans l'ordre de consolidation :

I. Apatite, sphène, fer oxydulé, mica noir, oligoclase, orthose.

II. Quartz granulique et plus tard orthose, microcline, Albite.

III. Quartz de corrosion, mica blanc, talc.

M. Barrois donne d'intéressants détails sur les ségrégations surmicacées que présente ce granite.

Le second massif granitique, celui de Lugo, est accepté comme tel par tous les auteurs; ses éléments sont les suivants :

I. Apatite, mica noir, amphibole? oligoclase, orthose.

II. Quartz en grains, orthose, microcline, Albite.

III. Quartz de corrosion, fer oligiste.

Ce granite, qui correspond bien à la granitite ordinaire, paraît avoir un grand développement en Espagne.

Au nord du massif granitique de Boal, on observe dans les schistes cambriens divers filons de granite à mica blanc, devenant compacte et euritique au voisinage du schiste encaissant. Sa composition élémentaire est la suivante :

I. Orthose, oligoclase, quartz bipyramidé, peu de mica noir, et accidentellement amphibole.

II. Quartz récent, orthose récent, mica blanc, chlorite.

Porphyres quartzifères. — M. Barrois fait la description de divers porphyres à texture granitoïde et à texture trachytoïde.

Les premiers comprennent les *porphyres à globules à extinctions de Corias*, dans le bassin houiller et le cambrien qui le limite ; la *micropegmatite de Corias*, qui se trouve dans le même gisement; la *micropegmatite d'Albuern*, coupant les schistes cambriens ; enfin la *microgranulite de Gondar* dans le massif granitique de Lugo. L'auteur fait remarquer l'absence, dans les Pyrénées espagnoles, des roches de la famille des porphyres houillers: felsophyres, porphyres, types si bien représentés en France. Cette particularité se retrouve dans les montagnes Rocheuses.

Les porphyres à texture trachytoïde sont représentés par le *porphyre globulaire de Gargantata*, que l'on rencontre en petits galets in-

Digitized by Google

terstratifiés dans des assises inférieures au trias ; ils présentent de grandes analogies avec les roches décrites par M. Michel Lévy dans l'Esterel et les Vosges, sous le nom de porphyres permiens violets.

Diorites. — Les diorites, bien que peu développées dans les monts Cantabriques, sont cependant représentées par des diorites quartzifères et des diorites sans quartz.

Les premières coupent obliquement les schistes cambriens à Cadavedo, Corbeira, la Pola-de-Allande, et sont identiques à celles qui traversent le silurien inférieur dans les Ardennes et en Bretagne.

Les secondes forment également des filons minces dans les schistes cambriens à Buzdongo, Celon, Lago, etc., et doivent être rangées dans les diorites andésitiques de MM. Fouqué et Michel Lévy.

Diabases. — Les Asturies sont très pauvres en roches diabasiques et M. Barrois n'a pu en découvrir qu'un seul gisement (formé uniquement de galets remaniés à l'époque houillère) situé à la limite du petit bassin houiller de Tineo et en relation avec des schistes verts qui paraissent à la base de ce terrain houiller.

Il paraîtrait cependant y avoir deux types de diabases parmi ces galets : des diabases andesitiques et des diabases labradoriques ; ces divisions seraient analogues à celles établies par M. Michel Lévy parmi les ophites des Pyrénées.

Kersantites quartzifères récentes.— Ces roches, assez répandues dans les Asturies, sont entièrement cristallisées et formées essentiellement d'un feldspath triclinique et de mica noir, dans une masse fondamentale finement grenue ou compacte et où il y a généralement des grains de quartz granulitique, de l'amphibole et un minéral pyroxénique.

Au microscope, la masse fondamentale gris-noir-bleuâtre paraît elle-même microcristalline ou porphyrique, formée de petits cristaux de plagioclase, amphibole et surtout quartz, qui forme presque seul la pâte. Comme éléments secondaires, on reconnaît au microscope dans la plupart de ces roches : pyroxène, fer oxydulé, apatite, feldspath monoclinique, fer titané et sphène, talc, chlorite et calcite.

Ces kersantites sont divisées par M. Barrois en trois groupes principaux, d'après leur aspect microscopique :

Kersantites quartzifères récentes granitoïdes.
— — porphyroïdes.
— — compactes.

Digitized by Google

Il décrit les gisements de ces diverses variétés.

D'une manière générale, ces kersantites quartzifères récentes présentent des rapports et des différences avec les vraies kersantites de Bretagne et de Nassau. Elles se distinguent surtout des kersantites de Bretagne par la moindre richesse en apatite, l'état frais des feldspaths tricliniques remplis d'inclusions vitreuses, et l'abondance du fer oxydulé non hydraté.

D'après M. Barrois, il y a analogie de composition élémentaire entre ces kersantites récentes et les ophites des Pyrénées, telles qu'elles ont été décrites en dernier lieu par M. Kühn ; mais on ne peut les assimiler aux types décrits par M. Michel Lévy et M. Mac Pherson, quelque large que soit pour ce dernier la dénomination d'ophite.

On trouverait plutôt de nombreuses relations entre ces kersantites avec certains grünstein et dacites de Hongrie ; ce serait surtout des dacites granitophyriques et des dacites porphyriques à biotite de M. Dœlter qu'elles se rapprocheraient le plus.

Enfin, les porphyres bleus de l'Esterel, les granulites de l'île d'Elbe et les microgranulites de la grande Galite, forment une autre série récente qui serait peu éloignée de celle des kersantites des Asturies.

Au total, c'est surtout des kersantites anciennes qu'elles se rapprochent.

M. Barrois étudie ensuite les modifications métamorphiques produites au contact de ces kersantites, et termine par quelques considérations sur leur âge géologique ; elles coupent les terrains cambriens, le houiller, et, par suite de leurs relations avec divers systèmes de cassures, on peut en conclure : « qu'elles ont dû faire leur apparition à l'époque des grandes dislocations du sol qui donnèrent naissance aux Pyrénées, entre l'éocène et le miocène. »

La deuxième partie est consacrée, comme je l'ai déjà dit, à la paléontologie. J'ai reporté à la description des terrains les quelques faits que j'en ai extraits ; j'énoncerai seulement ici les conclusions suivantes, que je cite textuellement :

« A aucun moment de la période paléozoïque, les Asturies n'ont constitué une province zoologique spéciale.

« Les êtres organisés se sont succédé dans cette région et s'y sont développés dans le même ordre que dans les autres contrées de l'Europe, malgré les conditions spéciales du milieu qui n'ont influencé que les détails. »

Digitized by Google

Terrain primitif. — M. Barrois a reconnu en Galice la série suivante :

1° Inférieurement : Micaschistes ;

2° Supérieurement : Schistes verts, chloriteux, amphiboliques, talqueux ou micacés, avec lits subordonnés de quartzites, serpentines, cipolins.

Dans ces deux divisions se trouvent des lits régulièrement interstratifiés, chargés de feldspath, de grenat, de rutile et de mica, dont l'origine serait due à une action métamorphique de contact.

Cambrien. — Le système cambrien des Asturies est identique à celui de la Galice ; il présente la succession suivante de couches concordantes entre elles :

	Grès de Cabo Busto (Base du Silurien.)	Grès blancs et schistes. Grès versicolores, poudingues et schistes.
CAMBRIEN	Calcaires et schistes à Paradoxides de la Vega, 50 à 100m. Salmien des Ardennes ?	— Schistes grossiers, fossilifères, et bancs épais de quartzites verts, 50 à 100m. — Calcaires (20 à 60m), schistes et lit de minerai de fer (1m,50 à 2m).
	Schistes de Rivadeo 3000 mètres. (Horizon des phyllades de Saint-Lô.) *Revinien* et *Devillien* des Ardennes.	— Schistes et quartzites verts. — Phyllades blancs et schistes verts.

Silurien. — Pag. 464, M. Barrois donne le tableau suivant du silurien des Asturies :

		Asturies.	*France occidentale.*
SILURIEN SUPÉRIEUR faune 3e.		Schistes et quartzites de Corral. *ampelites.*	Calcaire de Rosan. Schistes à nodules. Ampelites à *graptolites.* Psammites à *scolithes.*
SILURIEN MOYEN.	2me	Sch. calcar. de el Horno à *Endoceras duplex.* Schistes ardoisiers de Luarca à *Calymene Tristani.* Lit de minerai de fer.	Schistes d'Angers. Min. de Dalimier.
SILURIEN INFÉRIEUR.	faune	Grès de Cabo busto à scolithes. Grès versicolores, poudingues et schistes.	Grès armoricains. Schistes pourpres.

Digitized by Google

Comme l'avaient déjà signalé de Verneuil et M. de Barrande, la faune primordiale d'Espagne présente d'importantes analogies avec celle de la Bohême ; elle se partage entre les trois époques, sans analogies entre elles, du cambrien supérieur du silurien inférieur et du silurien moyen.

La faune des étages du silurien supérieur n'a pas été reconnue dans les Asturies.

Les systèmes cambrien et silurien ont été formés probablement aux dépens des grandes terres d'âge primitif et non de granites éruptifs, ainsi que cela résulte de l'examen des grains de quartz clastiques que renferment les schistes.

Il n'y a pas de faune corallienne connue jusqu'ici dans le silurien espagnol.

Devonien. — Le terrain devonien des Asturies constitue, d'après les recherches de M. Barrois, un ensemble homogène de couches concordantes entre elles, dont l'épaisseur totale est d'environ 1000 mètres. Il a pu y distinguer huit zones distinctes assez bien caractérisées lithologiquement et paléontologiquement. Le tableau suivant, résumé d'après celui de M. Barrois (pag. 518), montre la succession complète des zones asturiennes et leur relation avec quelques séries typiques.

(*Voir le Tableau à la page* 628.)

Carbonifère. — L'étude du carbonifère des Asturies forme un important chapitre du livre de M. Barrois. Reprenant l'opinion déjà émise par lui sur l'âge carbonifère des marbres griottes, et l'appuyant de nouveaux arguments, l'auteur les place à la partie inférieure du système et donne, en terminant, le tableau suivant des grandes divisions. Je le reproduis ici avec quelques compléments pris dans le texte.

(*Voir le Tableau à la page* 629.)

Le terrain carbonifère forme le sommet des monts Cantabriques à la limite des provinces de Santander et d'Oviedo, où il repose sur le terrain devonien supérieur. Près des frontières de la Galice, il repose directement sur le cambrien ; il est donc en stratification transgressive sur les formations antérieures des Asturies.

Les formations houillères des assises de Tineo ne reposent pas sur l'assise précédente de Sama, mais recouvrent directement en stratification discordante les terrains plus anciens du devonien au cambrien; c'est donc entre ces deux assises que s'est produit le grand mouve-

Digitized by Google

ÉTAGES.		ASTURIES.	BRETAGNE.	ARDENNES.	EIFEL.
DEVONIEN SUPÉRIEUR.	*Famennien.*	Grès de Cué.		Calcaire d'Etrœungt. Psamm. d'Evieux. Psamm. de Montfort. Macigno de Souverain Pré. Psamm. d'Esneux. Schistes à Rh. Omaliusi.	
	Frasnien.	Calcaire de Candas.	Calcaire de Cop Choux.	Schistes de Matagne. Calcaire de Frasne.	Goniatiten u. cypr. Schiefer. Cuboïdes Schiste.
DEVONIEN MOYEN.	*Givétien.*	Grès à Gosseletia.	Calcaire de l'Ecochère ?	Calcaire de Givet.	Stringocephalus Sc. Crinoïden Sc.
DEVONIEN INFÉRIEUR.	*Eifelien.*	Calcaire de Moniello. Calcaire d'Arnao.	Sch. et calc. de Porsguen.	Schiste de Couvin. Minerai à Sp. cultrijugatus.	Calcaire de l'Eifel. Ool. Eisenstein à cultrijugatus, ou orthoceras Sch. d'Olkenbach.
	Coblenzien supérieur.	Calcaire de Ferrones.	Schiste et grauwackes (calcaire de Brulon ?)	Grauwacke de Hierges.	Grauw. v. Daleiden, Prüm, Waxweiler.
	Coblenzien inférieur.	Calcaire de Nieva.	Schistes et grauwackes. Grauwacke et calcaire de Néhou, la Baconniere, Brest.	Schiste rouge de Vireux. Grauw. noire de Vireux. Grauwacke de Montigny.	Vichter Schichten. Grauw. v. Stadtfeld, Daun. Hundsrück Schiefer.
	Taunusien.	Grès de Furada.	Grès de Gahard. Landévennec.	Taunusien.	Taunus quarzit.
	Gédinnien.		Calcaire d'Erbray ?	Gédinnien.	

Digitized by Google

ÉTAGES.	ASSISES.	FORMATIONS MARINES.	FORMATIONS TERRESTRES
Houiller supérieur (Upper coal measures.)	A. de Tineo.	(Manque.)	Poudingues avec flore houillère supérieur. (*Pecopteris Pluckeneti*)
Houiller moyen (Middle coal measures.)	A. de Sama.	Schistes à bellerophons de Santo-Firme, etc.	Schistes avec flore houillère moyenne. (*Dictyopteris sub Brongniarti.*)
Carbonifere infér. (Subcarboniferous or Bernician.)	A. de Lena.	Lumachelle à *Aulacorhynchus.* Calcaire à *fusulinella sphæroïdea.*	Schistes et poudingues avec flore du culm.
	A. des Canons 200m.	Calcaires métallifères avec cristaux des quartz, et calcaires dolomitiques. Calc. à *Poteriocrinus.* Horizon des calcaires saccharoïdes de la vallée d'Ossau (Pyrénées françaises.)	(Manque.)
	A. du Griotte 30m.	Marbre à *Goniatites crenistria,* etc.	(Manque.)

ment du sol cantabrique à l'époque carbonifère, mouvement déjà connu dans la Saxe et dans les pays rhénans.

Quelques-unes de ces assises passent de l'une à l'autre, tandis qu'entre d'autres il y a des lacunes.

Au point de vue des faunes, les systèmes devonien et carbonifère présentent les particularités suivantes :

Les foraminifères communes dans le carbonifère (Fusuline, Dentalina, etc.) manquent dans le devonien des Asturies.

Les éponges (*Steganodyctyon ??*) sont rares dans le devonien ; au contraire le groupe des *pharitrones* est représenté par plusieurs genres nouveaux dans le calcaire carbonifère.

Parmi les anthozoaires, les madréporaires sont seuls bien développés et les formes des récifs paraissent bien développés en Espagne à cette période.

Les hydroïdes sont représentés par quelques espèces de *Graptolites* de la faune troisième, et de nombreuses *Stromatoporidæ* dans le devonien inférieur.

Les crinoïdes manquent dans le silurien, mais sont bien représentés dans le devonien par des formes rappelant celles de l'Eifel. Quant au carbonifère, il est excessivement riche ; malheureusement, bien des

Digitized by Google

déterminations spécifiques sont encore nécessaires. On rencontre aussi dans le carbonifère des plaques et des radioles d'oursins (*Archæocidaris* ?).

Les bryozaires sont très abondants dans l'Eifelien des Asturies et ont fourni un certain nombre de formes nouvelles, précisément difficiles à déterminer à cause de leur excellent état de conservation !

Les brachiopodes sont très nombreux dans le paléozoïque des Asturies et les lois de leur distribution sont les mêmes que dans les régions classiques. On doit cependant remarquer l'absence, dans le devonien, des genres *uncites* et *stringocephalus*, et les formes *undata* et *concentrica* des *Athyris*, sans intermédiaires en France, sont reliées dans les Asturies par dix espèces nouvelles très polymorphes. Dans le carbonifère, il faut signaler encore l'absence des *Leptæna*, qui auraient ainsi fini dans cette région avec le devonien.

Les lamellibranches du paléozoïque des Asturies appartiennent à des genres déjà connus, mais à des espèces pour la plupart nouvelles. Leur étude confirme la loi généalogique de dérivation divergente des monomyaires et des dimyaires des Aviculides.

Les gastéropodes, quoique très bien représentés, y sont cependant, comme ailleurs, bien moins nombreux relativement que dans les mers actuelles. Il est intéressant de noter l'absence de *Fissurellidæ*, *Patellidæ* et surtout des *Chitonidæ* dans le calcaire carbonifère.

Les céphalopodes sont très rares. Quelques orthocères et surtout des goniatites appartenant aux groupes des *genufracti* et des *Lanceolati*, caractéristiques du carbonifère.

Les clyménies manquent totalement dans le devonien des Asturies.

Les crustacés sont représentés par quelques trilobites et ostracodes. Enfin les poissons carbonifères ont laissé quelques fragments de rayons épineux dans les calcaires de cette époque.

Les dépôts devoniens et carbonifères des Asturies sont formés, soit d'éléments clastiques, soit de calcaires. Ceux de la première catégorie sont probablement des dépôts peu profonds formés à peu de distance des côtes. Quant aux calcaires, ils correspondent en général à des dépôts de mer plus profonde, et c'est probablement pendant le coblenzien que le bassin devonien des Asturies a atteint sa plus grande profondeur ; il s'est ensuite lentement comblé sous des eaux marines pures, et les dépôts deviennent de plus en plus clastiques jusqu'au grès de Cué.

D'après M. Barrois, et ce fait est important à rapprocher des derniers travaux de M. Dupont, à l'époque paléozoïque, il ne paraît pas encore y avoir eu de différenciation nette entre les polypiers d'eau

Digitized by Google

profonde et les polypiers des récifs. M. Barrois croit que la nouvelle théorie de M. Murray s'applique bien plus naturellement aux bassins des Asturies que la théorie classique d'affaissement.

Le dernier chapitre du mémoire de M. Barrois est consacré à l'étude des phénomènes qui ont modifié les terrains paléozoïques depuis l'époque de leur dépôt.

Dans un premier paragraphe relatif aux mouvements du sol, l'auteur arrive aux conclusions suivantes : « Les monts Cantabriques doivent donc leur origine à deux puissantes pressions latérales successives : la première, agissant dans la direction des parallèles, se produisit entre les terrains houillers et permiens ; la seconde, agissant suivant les méridiens, eut lieu entre l'éocène et le miocène. Le premier ridement fut précédé de nombreux mouvements de bascule E. à O. ; le second fut de même précédé de mouvements oscillatoires, N. à S., fournissant ainsi respectivement de nouveaux exemples de ce fait, général dans les régions montagneuses, de la répétition des mêmes mouvements du sol aux différentes époques. »

Le deuxième paragraphe renferme l'étude de la dénudation du sol paléozoïque dans les monts Cantabriques, des causes et des détails du relief actuel.

Brevi cenni ulla geologia della parte N.-E. della Sicilia, dell' Ing. E. Cortese, del R. Corpo delle Miniere.) *Bollettino del R. comitato géologico d'Italia*, 1882.)

Ce mémoire, très étendu, a trait à la partie N.-E. de la Sicile, comprise entre le monte Madonia à l'ouest et l'Etna au sud ; cette région comprend la province de Messine et une partie de celle de Catane.

Après une introduction de quelques lignes sur l'orographie de cette région, l'auteur aborde immédiatement l'étude des terrains en commençant par les terrains cristallins.

Terrains cristallins (Laurentien et Huronien). — A ces terrains se rapporteraient des granites gneiss et principalement des micaschites azoïques, avec filons de pegmatite et nombreuses lentilles d'un calcaire cristallin ou blanc très pur, rarement pyriteux, orientées parallèlement aux assises schisteuses. Le gneiss ne présente jamais ces lentilles calcaires.

Paléozoïque. — Immédiatement adossé aux terrains précédents se montre un ensemble schisteux comprenant diverses variétés de

Digitized by Google

schistes (micacés, argileux, magnésiens) auxquels sont subordonnées diverses roches : une sorte de granite dioritique (feldspath, mica, amphibole, quartz), des eurites, des pegmatites tourmalinifères, des granulites, des miacites, etc.

Des calcaires dolomitiques et cristallins se montrent souvent intercalés dans les schistes, mais ils sont toujours distincts pétrographiquement de ceux du Laurentien.

Le gypse saccharoïde et de nombreux minéraux accidentels s'y rencontrent également, tels que sulfate de magnésie, graphite, grenat, fluorine, minerais métalliques, etc. Enfin des porphyres feldspathiques accompagnent cet ensemble, que l'auteur rapporte après discussion au silurien et au devonien, cette dernière époque étant représentée par les pegmatites tourmalinifères et les miacites.

En discordance avec les termes que je viens d'énumérer, se montre dans la région d'Ali une série composée essentiellement de quartzites violacés, schistes, conglomérats et psammites violacés ; schistes et jaspes violacés alternant avec des calcaires bruns compacts ; enfin, à la base, quartzites rosés, quartzites schisteux jaunâtres et schistes violacés avec cargneules et gypses.

D'après M. Cortèse, cette série représenterait peut être le permien.

TRIAS.

Inférieur (grès bigarré). — Calcaire moucheté de Forza d'Agro et calcaire à accidents dolomitiqnes du cap Saint-Alexis, calcaire du fort Bardara près Saint-Pierre.

Moyen (muschelkalk).— Conglomérat lie de vin, peu consistant, et grès siliceux compacts de même couleur, ne reposant jamais directement sur les terrains cristallins, mais bien sur les phyllades ou sur les calcaires du trias inférieur.

Calcaire supérieur rouge brique clair, cristallin et très dur, bien stratifié, contenant des débris d'encrines.

Supérieur (keuper). — Dolomie saccharoïde blanche ou rouge (*Noriqeu*.

Calcaire grès de Taormina, surmontant la dolomie et présentant des parties dolomitiques (*Norique*).

Calcaires supérieurs à zones et nodules de silex (*Carnique*).

INFRALIAS.

Calcaires noirâtres à brachiopodes.

Calcaires rouges brunâtres à pectens et plicatules.

Digitized by Google

Ces calcaires de l'infralias ont donné près de Taormina : *Lima punctata* Sow., *Plicatula intusstriata* Suess , *Terebratula gregaria* Suess, etc.

LIAS.

Inférieur. — Calcaires cristallins presque saccharoïdes, généralement blancs, quelquefois veinés de brun, avec petits gastéropodes mal conservés. Puissance, 420 mètres.

Calcaires gris ou marron, de couleur sombre, avec débris fossiles indéterminables. Puissance, 50 mètres.

Le lias inférieur repose, tantôt sur les phyllades, tantôt sur la dolomie ou les calcaires à zone de silice.

Moyen. — Sauf rares exceptions, le lias moyen accompagne le lias inférieur; très généralement aussi il le surmonte en concordance.

Ses principaux termes sont les suivants, en commençant par les inférieurs :

Brèche de calcaire cristallin à ciment rouge. Puissance, 40 mètres.

Calcaire gris à structure suboolitique. Puissance, 40 mètres.

Calcaires gris avec veines spathiques et brachiopodes (*Lima Eucharis* d'Orb., *Terebratula punctata* Sow., etc., etc.). Puissance, 100 mètres ???

Calcaire gris à crinoïdes.

Calcaire rouge ou rosé à crinoïdes. Puissance totale, 25 mètres.

Calcaire marneux roussâtre avec veines spathiques ou brèches et marbres.

Supérieur. — Schistes marneux lie de vin et schistes et calcaires gris, marbres rouges veinés d'une puissance de 300 mètres et plus. Ils sont en discordance avec les couches inférieures.

Calcaires compacts alternant avec des calcaires et des schistes marneux. Puissance, 200 mètres et plus.

Parmi les fossiles de ce niveau, on peut citer : *Ammonites communis* Sow., *Ann. radians* Rein., *A. falcifer* Sow., *A. conplanatus* Brug.

OOLITE.

Inférieure. — Calcaire noirâtre à céphalopodes (*Harpoceras opalinus*). Puissance maximum, 200 mètres.

Calcaire rouge à encrines, posidonomyes (*P. alpina*), brachiopodes et céphalopodes. Puissance maxima, 65 mètres.

Moyenne. — (Manque).

Supérieure (tithonique). — Calcaire compact fuligineux avec silice, jaspes, schistes marneux noirâtres. Puissance maximum, 160 mètres.

Digitized by Google

On y rencontre : *Belemnites ensifer*, cf. Oppel, *Aptychus punctatus*, *Aptychus Beyrichi*.

CRÉTACÉ.

Le crétacé n'est représenté que par des calcaires marneux à faune cénomanienne ; les espèces les plus connues sont :

Cardium Hillanum d'Orb.; *Plicatula radiola* Lk.; *Ostrea Delettrei* Coq.; *Ostrea Scyphax* Coq.; *Ostrea Baylei* Guéranger ; *Ostrea flabellata* d'Orb.

TERTIAIRE.

Les trois grandes divisions du tertiaire sont largement représentées.

Éocène. — L'éocène comprend les zones suivantes :

Supérieur : Calcaires sans fossiles.

Moyen : Argiles écrilleuses bariolées, calcaires marneux, quarzites et schistes bitumineux sans fossiles.

Inférieur. .
- — Argile sableuse et écailleuse avec bancs de grès et de calcaires marneux sans fossiles.
- — Grès grossier sans fossiles.
- — Grès sans fossiles.
- — Conglomérat de roches anciennes sans fossiles.
- — Calcaire nummulitique à *N. perforata*.

Miocène. — De même que l'éocène, le miocène est largement représenté dans la province de Messine ; l'auteur y reconnaît également trois groupes principaux, dont l'inférieur repose transgressivement sur les terrains cristallins ou sur un des termes de l'éocène.

Miopliocène (*Messinien*). Zone avec gypse et soufre
- — Calcaires concrétionnés siliceux.
- — Argiles bleuâtres avec amas de gypse.

Miocène
- supérieur
  - *Sarmathien*. Marnes siliceuses blanches, feuilletées, Tripoli.
  - *Tortonien*
    - — Argiles bleuâtres et grès fins à dents de *Sus chœroïdes*.
    - — Argile sableuse alternant avec des grès argileux, avec *Turitella archimedis* Dub. *Natica millepunctata* Sh. *cancellaria varicosa* Brocc. *Cardita jouanneti* Desh. *Ostra crassissima* Lam.
    - — Grès grossiers, argiles intercalées vers la partie supérieure.
    - — Conglomérat à éléments cristallins ou porphyriques.

Digitized by Google

Miocène	moyen	(*Helvétien?*)	— Grès à ciment calcaire avec coraux et baguettes d'oursins *Cidaris variola* Sism. — Calcaires sableux, chloriteux, ou alternant avec des strates de grès, avec cellepores, bryozoaires.
	inférieur	(*Tongrien?*)	— Grès siliceux saccharoïde à grains fins, translucides, à ciment siliceux. — Grès écailleux. — Argile brune roussâtre écailleuse. — Alternance d'argile sableuse et de petites strates de grès.

Pliocène. — Le pliocène, comme le miocène, repose transgressivement sur les formations plus anciennes et comprend deux sous-étages composés ainsi qu'il suit :

Pliocène	supérieur	*Astien* Pareto	— Grès et sables jaunes. *Pecten dubius* L. *Pecten opercularis* L. *P. varius* L. *P. Jacobeus* L., etc. — Grès et sables. — Grès sableux avec *Isis meloritana. Isis melitensis*, etc.
			Calcaire à polypiers. *Caryophyllia, Desmophyllum*, etc. Calcaire grossier à brachiopodes. *Terebratula vitrea* Born., *T. minor* Phil., *T. scillæ* Seg., *Terebratulina caput serpentis* L., etc., etc.
	inférieur.	*Zanclèen?* Seguenza	— Marnes blanches à foraminifères. — Sables calcaires à foraminifères. — Conglomérat de cailloux granitiques.

Enfin quelques pages sur le quaternaire et les alluvions anciennes et modernes, ainsi que sur l'hydrographie de la région, terminent ce mémoire.

Descrizione géologica della provincia di Pavia, con anessa carta geologica à 1/200,000e ; par M. T. Taramelli. (Milano, 1882.)

Cet ouvrage est divisé en sept chapitres. Le premier est consacré à l'orographie de la région ; dans les suivants jusqu'au sixième, l'auteur passe successivement en revue la géologie de la plaine et de la colline de Saint-Colomban, sur la rive gauche du Pô, des collines subapennines de la région montagneuse de Bolbio ; dans le sixième, il résume chronologiquement l'histoire géologique de la province, et enfin, dans le septième, termine par une étude détaillée de toutes les roches et minerais utiles à l'industrie. Voici, extraite de la fin du sixième chapitre, la série chronologique des terrains de la région :

Digitized by Google

Éocène (Ligurien-Tongrien.)	— Zone de schistes arénacés à Nemertilites avec bancs de Nummulites. — Gabbro rouge et roches ipéritiques. Minerais de cuivre, — Agglomérat calcaire ophiolitique. — Agglomérat granitique. — Serpentine, ophiolite bastitique, ophite, euphotide. — Calcaire comprenant la zone ophiolitique.
Miocène	*Modénien*.. Argiles écailleuses et calcaires à fucoïdes. *Bormidien*. Conglomérat et molasse ophiolitique, à lignites, marnes schisteuses, sableuses, micacées. *Langhien*.. Marnes blanches à gastéropodes et molasse, avec petites strates de conglomérat ophiolitique. *Helvétien*.. Calcaires sableux et molasse marine à *Pecten denudatus* et balanes. *Tortonien*. Marnes à pleurotomes, calcaires marneux à *Lucina pomum*. zone pétrolifère.
Pliocène	*Messinien*.. Molasse sableuse, calcaires tufacés, marnes feuilletées, plâtre avec soufre natif. *Plaisancien infér. Tabien*. Argile sableuse, molasse à lignites, sables et conglomérats fossilifères. *Astien*.... Argile marine de Saint-Columban avec bancs de madrépores.
Quaternaire	— Sables incohérents alternant avec des argiles formant la bordure des terrasses les plus élevées et s'appuyant sur le tertiaire. — Graviers. — Sables plus ou moins argileux. — Argile plus ou moins marneuse, ayant à la base un banc de tourbe compacte recouverte de 20 ou 30 mètres d'alluvions plus grossières avec ossements quaternaires.
Actuel	— Graviers et sables ; sables aurifères du Tessin. — Sables plus ou moins argileux, quartzeux, micacés, feldspathiques. — Argiles plus ou moins sableuses.

Digitized by Google

Note illustrative della carta géologica della provincia di Bergamo; par M. Varisco (Bergamo, 1881); et Favre. (*Revue Géologique* suisse, 1882.)

L'auteur donne la série suivante des formations géologiques de la région :

1° Gneiss et micaschistes.

2° Conglomérats gris, quartzites sans fossiles, Carbonifère ? Permien ?

3° *Trias.*

4° *Rhétien* . { Calcaires et marnes fossilifères à *Avicula contorta.*
Calcaire à *Terebatula gregaria.*
Dolomie à *Conchodon infraliasicus.*

5° *Lias....* { Calcaires, dolomies et grès à *Amm. bisulcatus. Amm. stellaris.* Calcaires en bancs épais avec *A. margaritatus Amm. Algovianus.*
Calcaire rouge à *Amm. bifrons. Posidonomya Bronni*, etc.

6° *Jurassique,* représenté seulement par un calcaire rouge à *Aptychus* (Jurassique supérieur), équivalent du calcaire silicifère de Brescia.

7° *Crétacé.* { — *Majolica. Marne irridate scagliose*, marnes à fucoïdes.
— Conglomérats à Hippurites.
— Calcaires marneux et grès à fucoïdes.

8° *Tertiaire* { Nummulitique.
Pliocène.

9° *Quaternaire* à *Elephas meridionalis*, *Cervus dama*, *Cervus elaphus*, *Rhinoceros Leptorhinus*, *Bos etruscus*, etc.

Ueber die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia; par M. A. Bittner. (*Jahrb. der K. K. geol.* Reichsanst, 1881, XXXI, 219 et M. Favre, *Revue Géol.* suisse, 1882.)

La région du val Sabbia et du val Judicaria, à l'ouest du lac de Garde, comprendrait, d'aprés l'auteur :

Trias {
1° Couches de Werfen.
2° Muschelkalk.
3° { Couches de Buchenstein.
Couches de Wengen { — Couches à Daonella (St-Cassian.)
— Calcaire coralligène et couches à faciès de Raibl.
— Dolomie principale.

Digitized by Google

Lias moyen et supérieur. — A la partie supérieure du Lias se trouvent deux bancs que l'auteur nomme couches à Rhynchonelles, caractérisées par la *Rh. Clesiana* Leps. et *Vigilii* Leps. (couches à *R. trilobata*, Ben.) et dont il est difficile de dire si elles sont liasiques ou jurassiques. Au-dessus, viennent la zone à *Amm. Acanthicus* et les calcaires à *Tereb. diphya* peu fossilifères.

Rhétien	— Calcaires et dolomies puissants sans fossile. — Alternance de calcaires compacts et dolomitiques et de roches plus tendres marneuses avec *Terebratula gregaria.* — Couche de Kœssen (marnes et schistes marneux fossilifères).
Crétacé	Biancone. Scaglia.

Éocène. — Nummulitique à *Serpula spirulea. Nummulites complanata*, *N. spira.* Lambeaux de flysch.

Sulla separazione degli schisti triassici da quelli paleozoïci nelle Alpi Apuane; Nota di B. Lotti, ingegnere nel R. corpo delle Miniere. (*Boll. del R. com. geologico d'Italia*, 1882.)

On sait que la formation de calcaire marmoréen des Alpes Apunes est comprise entre deux systèmes schisteux, l'inférieur avec fossiles paléozoïques (*Orthoceras Actinocrinus*), la supérieure, triasique comme les calcaires marmoréens, puisqu'elle supporte la zone à *Avicula contorta*; mais cette formation de calcaires marmoréens n'a pas une épaisseur constante et constitue une grande lentille; là où les calcaires disparaissent, la séparation entre les deux formations schisteuses devient très difficile.

M. Lotti, qui ne partage pas sur ces questions les idées de M. Stéfani, pense être arrivé à séparer les deux formations schisteuses.

D'après lui, les roches paléozoïques consistent surtout en schistes gneissiques et noduleux, tandis que dans celle du trias prédominent des micaschistes lustrés de composition variable, mais toujours dépourvus de gneiss. Les plissements causent seuls l'illusion de roches gneissiques faisant partie du trias.

---

[1] Voy., à ce sujet, les analyses de diverses Notes publiées dans les Revues géologiques de l'année dernière.

Digitized by Google

Le contact entre les schistes paléozoïques et les calcaires marmoréens triasiques est brusque et porte à admettre un hiatus plus ou moins considérable. D'après les dernières observations de l'auteur et de M. Meneghini, les schistes paléozoïques à orthocères devraient peut-être être rapportés au silurien ou au devonien et non au carbonifère, comme plusieurs géologues, entre autres M. Stéfani, l'avaient fait jusqu'ici.

M. VIGUIER.

L'Éditeur-Gérant : CHARLES BOEHM.

MONTPELLIER. — TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE BOEHM ET FILS.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES ARTICLES

Contenus dans ce volume (3e Série, Tome II).

MÉMOIRES ORIGINAUX.

BOTANIQUE.

KLEIN (J.). Les Vampyrella ; leur développement et leur place dans la classification (Pl. IV bis)..... 181
OLIVIER (L.). Les procédés opératoires en Histologie végétale (Voy. tom. I, pag. 436)..... 71
ROUY (G.). Excursions botaniques en Espagne..... 228, 557
SCHMITZ (Fr.). Les Chromatophores des Algues (Pl. XIII, XIV)..... 301, 498
WIESNER (J.). La Faculté motrice des plantes..... 5

GÉOLOGIE.

ROUVILLE (P. de) Phosphates de chaux de la Gardiole près de Montpellier (Pl. V, VI.)..... 256
— Quelques mots sur le Jurassique supérieur méditerranéen. 596
THOULET (J.). La Minéralogie d'après Hérodote, Ctésias et les monuments égyptiens..... 406, 565
TORCAPEL (A.). L'Urgonien du Languedoc (Pl. I)..... 91
VILLOT (A). Limites stratigraphiques des terrains jurassiques et des terrains crétacés aux environs de Grenoble..... 262

ZOOLOGIE.

AMANS. Essai sur le vol des Insectes (Pl. XI, XII)..... 469
BALBIANI. Remarques à l'occasion des communications de M. Lichtenstein sur les Pucerons..... 431
LICHTENSTEIN. Réponse à M. Balbiani..... 333

Digitized by Google

SABATIER (A.). Altération spéciale des œufs de quelques Ascidiens (Pl. XV)..... 587
— Recherches sur l'œuf des Ascidiens (Pl. VII-X)..... 348
— Spermatogénèse chez les Némertiens (Pl. II-IV)..... 165
VILLOT (A.). Classification des Cystiques des Tænias..... 109

REVUE SCIENTIFIQUE.

Botanique; par MM. COURCHET, FLAHAULT, HÉRAIL.. 142, 443, 610
Géologie; par MM. P. DE ROUVILLE, VIGUIER.... 158, 291, 437, 620
Zoologie; par MM. RÓBIN, SABATIER..... 118, 273, 299, 466, 603

Digitized by Google

TABLE PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

DES COMMUNICATIONS

Analysées dans la Revue scientifique et bibliographique.

Balfour (Fr.) Embryologie et Organogénie comparées (traduction A. Robin). 299
Barrois (Ch.) Terrains anciens des Asturies. 622
Beneden (Ed. Van.). Histoire des Dicyémides. 283
Bittner. Géologie du Val Judicaria 637
Bouley. Progrès en medecine par l'expérimentation. 151

Candolle (C. de). Rides du sable. 620
Cortese. Géologie de la Sicile. 631

Engelmann. Couleur et Assimilation. 614
Errera. Glycogénèse des Végétaux. 462

Fuchs. Caractères des dépôts géologiques. 620

Gemmellaro. Trias de Sicile. 296
Giltay. Collenchyme. 610
Girod (P.) Poche du noir des Céphalopodes. 124

Janczewski (Ed. de). Étude comparée des tubes cribreux. 146
Julin. Développement des Orthonectides. 278

Kjellman. Végétation de la mer de Sibérie. 150
— et **Lundström**. Phanérogames de la Nouvelle-Zemble. 149
Ko Ehler. Echinides de Provence. 609

Leenhardt. Géologie du Ventoux. 437
Lortet. Poissons et Reptiles de Syrie. 608

Lotti. Nummulitique de l'Ile d'Elbe. 295
— Schistes triasiques et paléozoïques des Alpes. 638
Ludwig. Développement de l'Asterina 286
Lundström. (Voy. Kjellman).

Mac-Leod (J.). Appareil reproducteur femelle des Téléostéens. 273
Mangin. Développement des cellules spiralées. 148
— Racines adventives des Monocotylédones 457
Mocsary. Hyménoptères hongrois. 466
Munier-Chalmas. Algues Siphonées calcaires. 463

Nathorst. Invertébrés fossiles 297
Nicolis. Carte géologique de Vérone. 296

Penk. Oscillations de la surface des eaux. 291
Pertschinger. Étages tertiaires des Landes. 294

Reusch. Fossiles siluriens. 292
Richet (Ch.). Physiologie des nerfs et des muscles 118
Rietch. Sternaspis scutata. 129
Rouville (P. de). Réunion de la Société géologique de France à Foix. 158

Sandberger. Recherches sur les filons. 292
Schwendener. Gaines protectrices. 443
Sicard. Éléments de zoologie. 603

Taramelli, Géologie de Pavie. 635

Digitized by Google

Treub. Loranthacées 145-617
— Embryon, sac embryonnaire, ovule. 146, 616
— Plantes grimpantes. 149
— Urnes du Dischidia Rafflesiana. 149
— Myrmecodia. 617

Varisco. Carte géologique de Bergame. 637
Vayssière. Larves des Éphémérines. 140
Vesque. L'espèce végétale et l'anatomie comparée. 142
Vitzou. Téguments des Crustacés décapodes. 275
Vogt. (C.) et **Yung**. Traité d'anatomie comparée pratique. 606

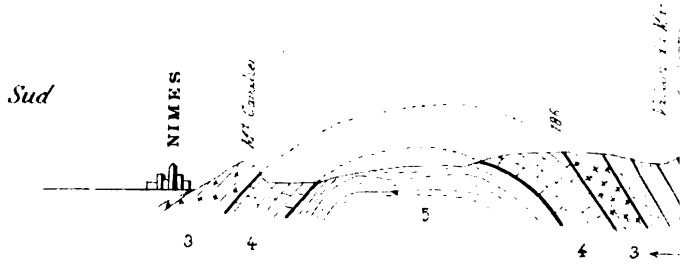
Weissmann. Œuf des Insectes. 135

Yung. (Voy. Vogt). Anatomie comparée pratique. 606

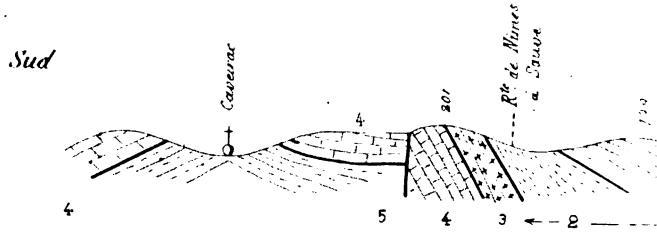
Zeiller. Cuticules fossiles. 148

Digitized by Google

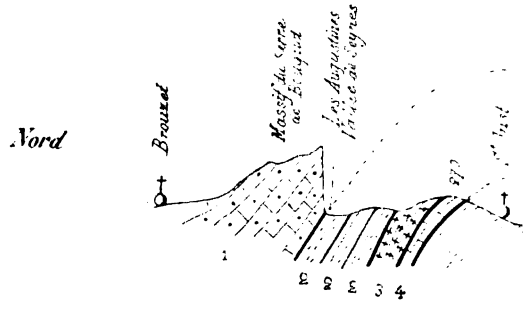
Digitized by Google



I. *Coupe au Nord de Nimes suivant*



II. *Coupe à l'Ouest de Nimes entre Caveirac*



III. *Coupe entre Brouzet e*

1 *Calcaire à Chama (Donzerien)*

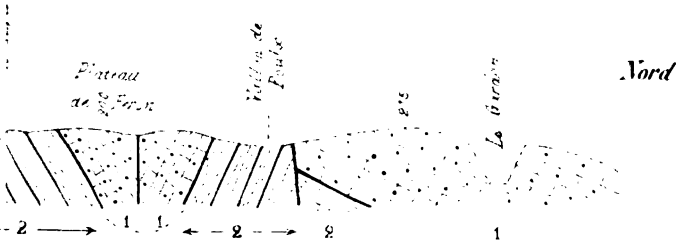
2 *Calcaires et marnes à Echinospatagus argilaceus (Bärutolien)*

3 *Calcaire à Lu*

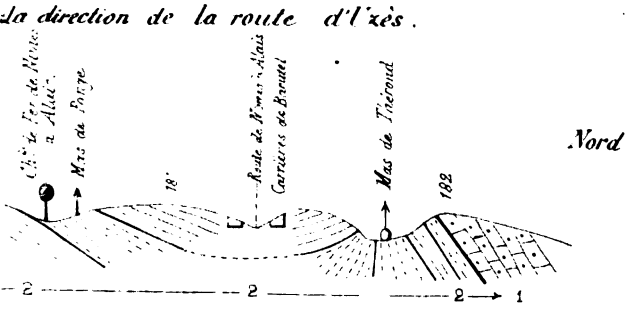
4 *Calcaire à C*

Echelles { *Longue* / *Hauteur*

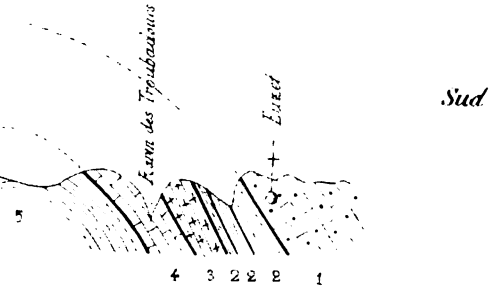
Digitized by Google



la direction de la route d'Uzès.



et le mas de Thérond par le mas de Ponge et Barutel.



t Euzet par St. Just.

mmachelles } (Cruasien) 5 Calcaires et marnes à Spatangues } (Hauterivien).
riviers

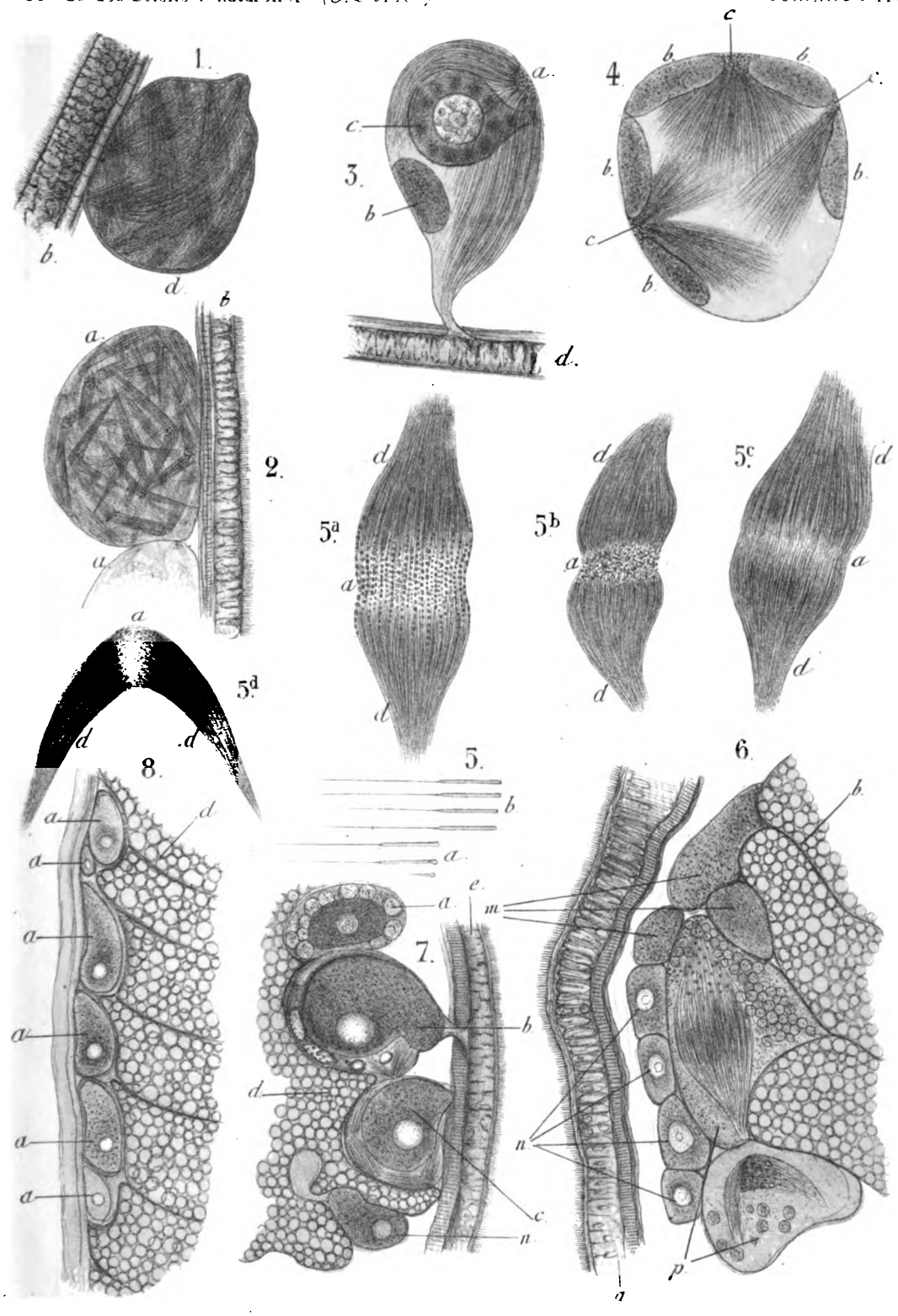
urs $\frac{1}{80000}$

$\frac{1}{20000}$

Imp. Boehm & Fils Montpr.

Digitized by Google

Digitized by Google

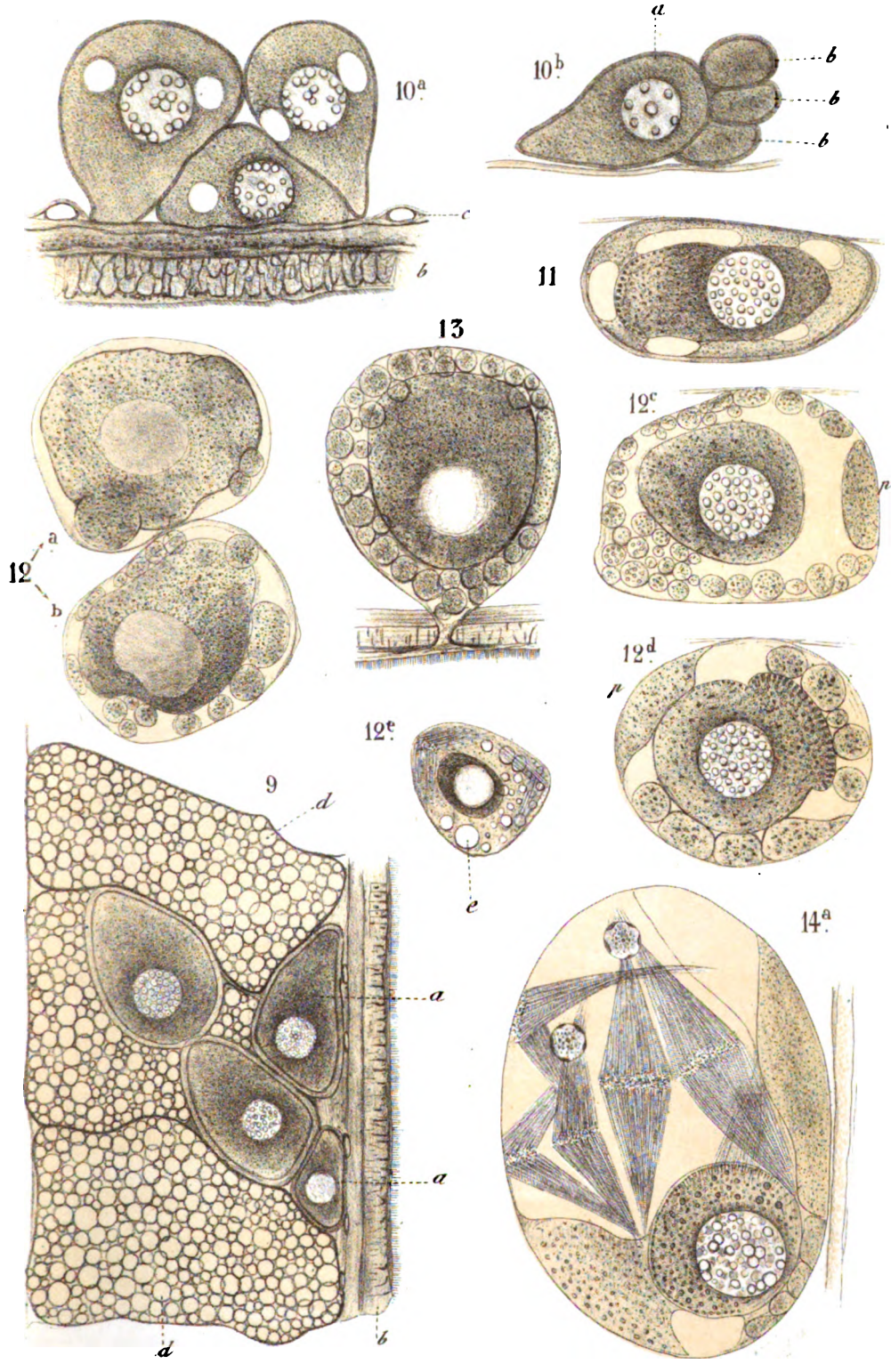


A. Sabatier del.

Imp. Boehm & Fils, Montp.

Digitized by Google

Digitized by Google

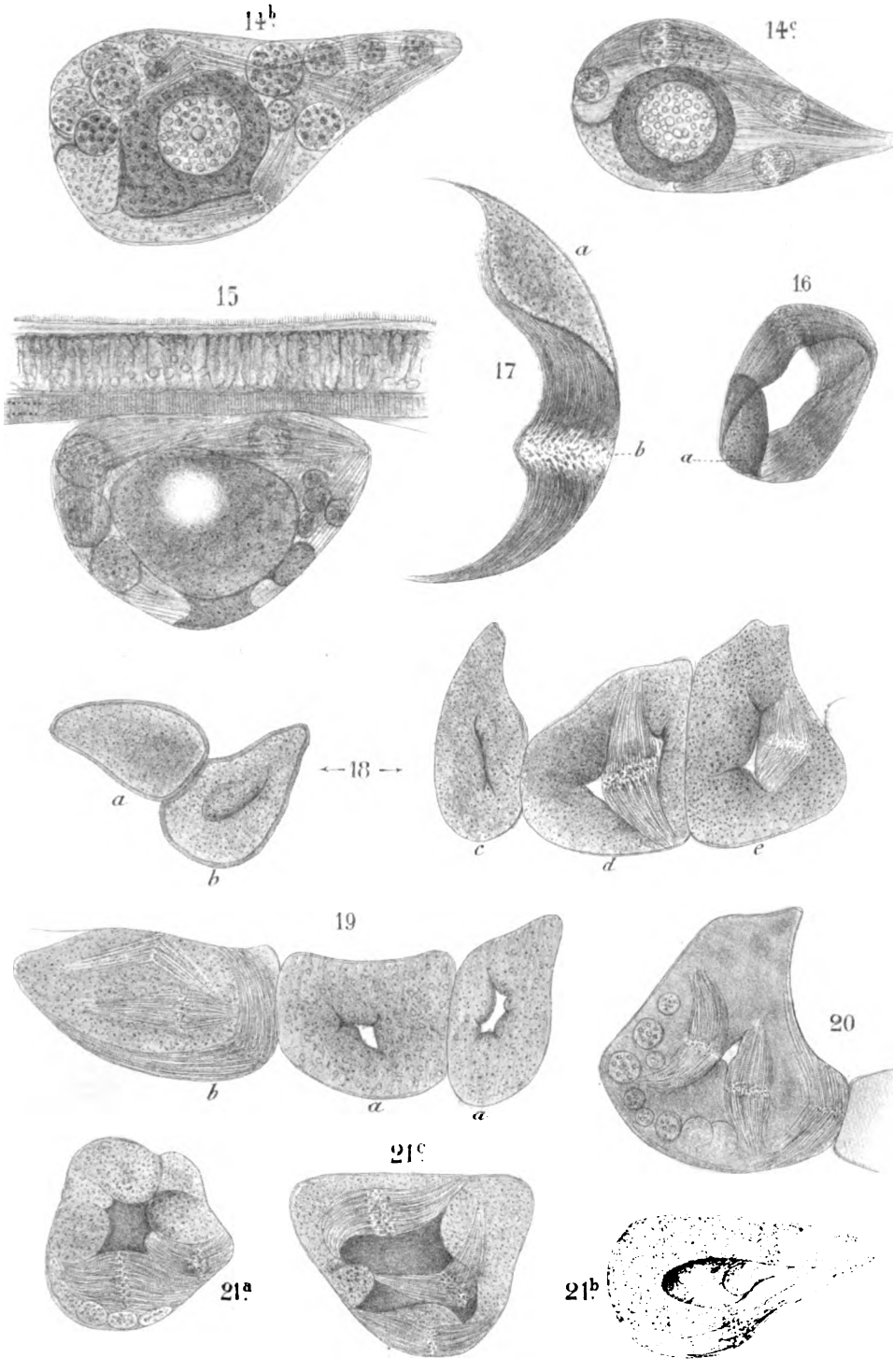


A. Sabatier, del

Imp. Boehm & Fils. Montp.

Digitized by Google

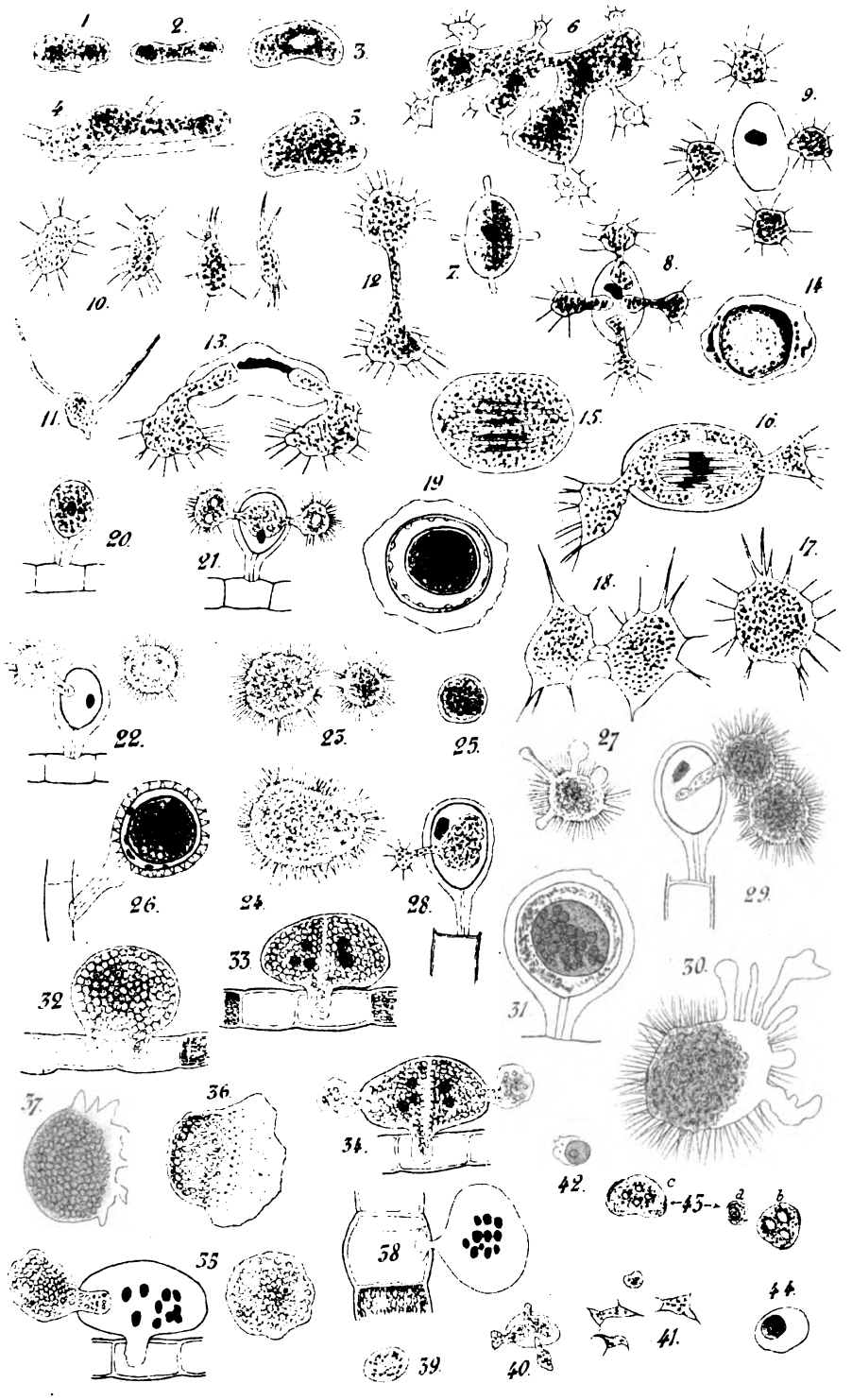
Digitized by Google



A. Sabatier del. Imp. Boehm & Fils Montp.

Digitized by Google

Digitized by Google



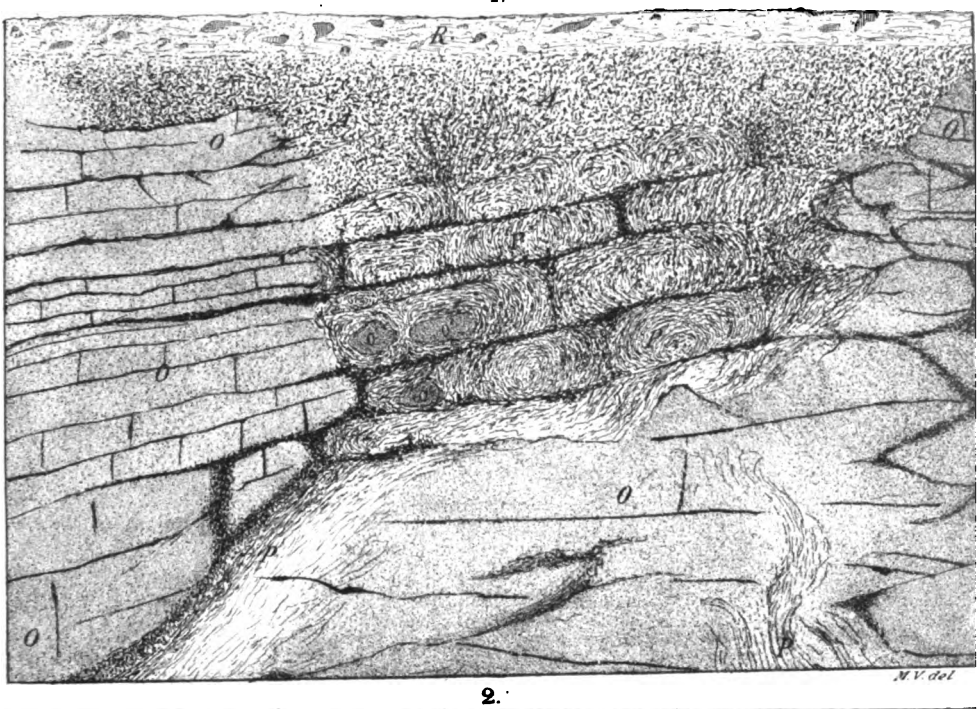
J. Klein del.

Imp Boehm & Fils . Montp.r

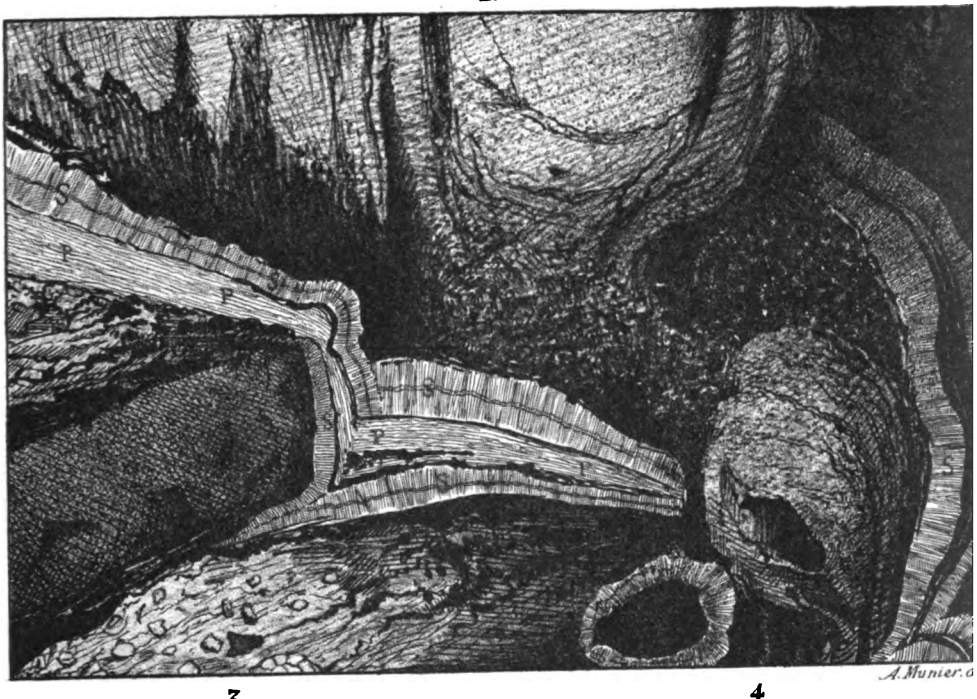
Digitized by Google

Digitized by Google

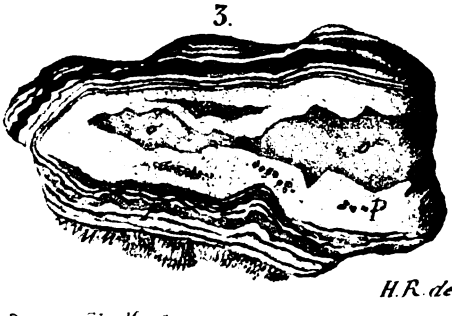
1.



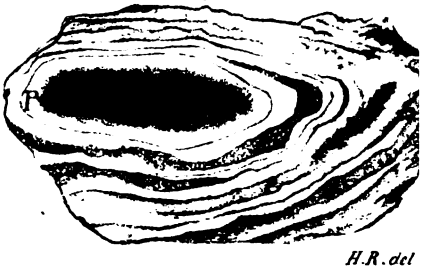
2.



3.



4.

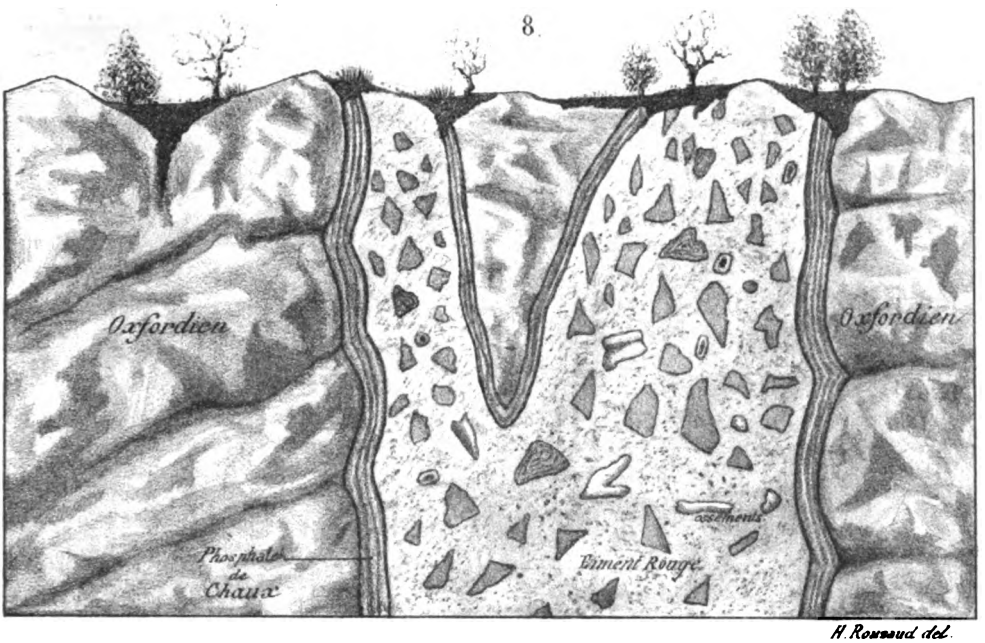


Imp. Boehm & Fils Montp.r

Digitized by Google

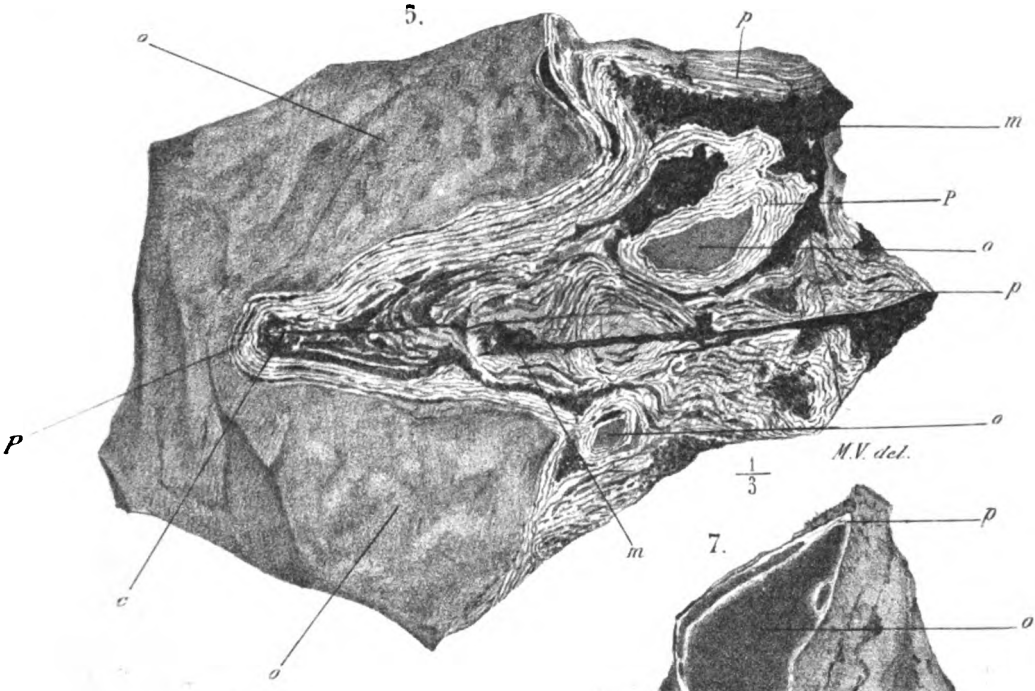
Digitized by Google

8.



H. Rousaud del.

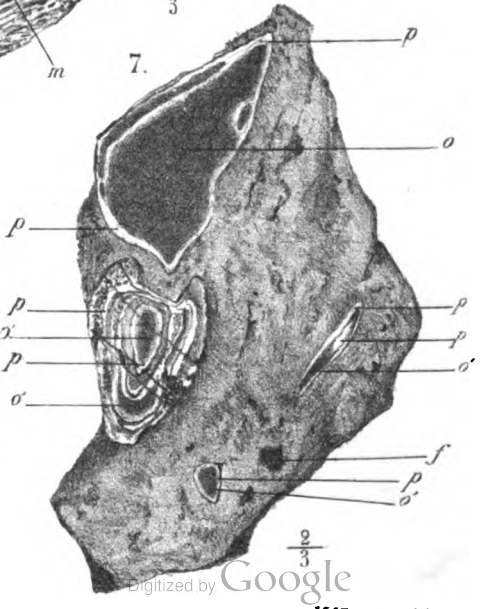
5.



M.V. del.

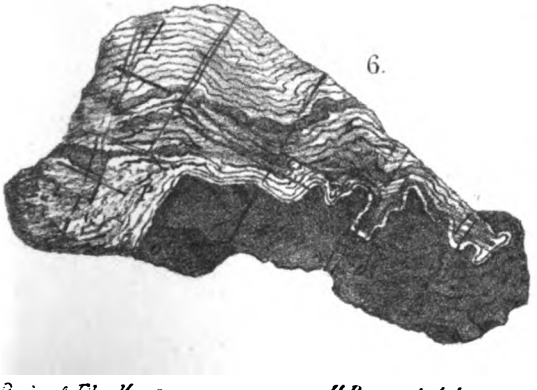
$\frac{1}{3}$

7.



$\frac{2}{3}$

6.



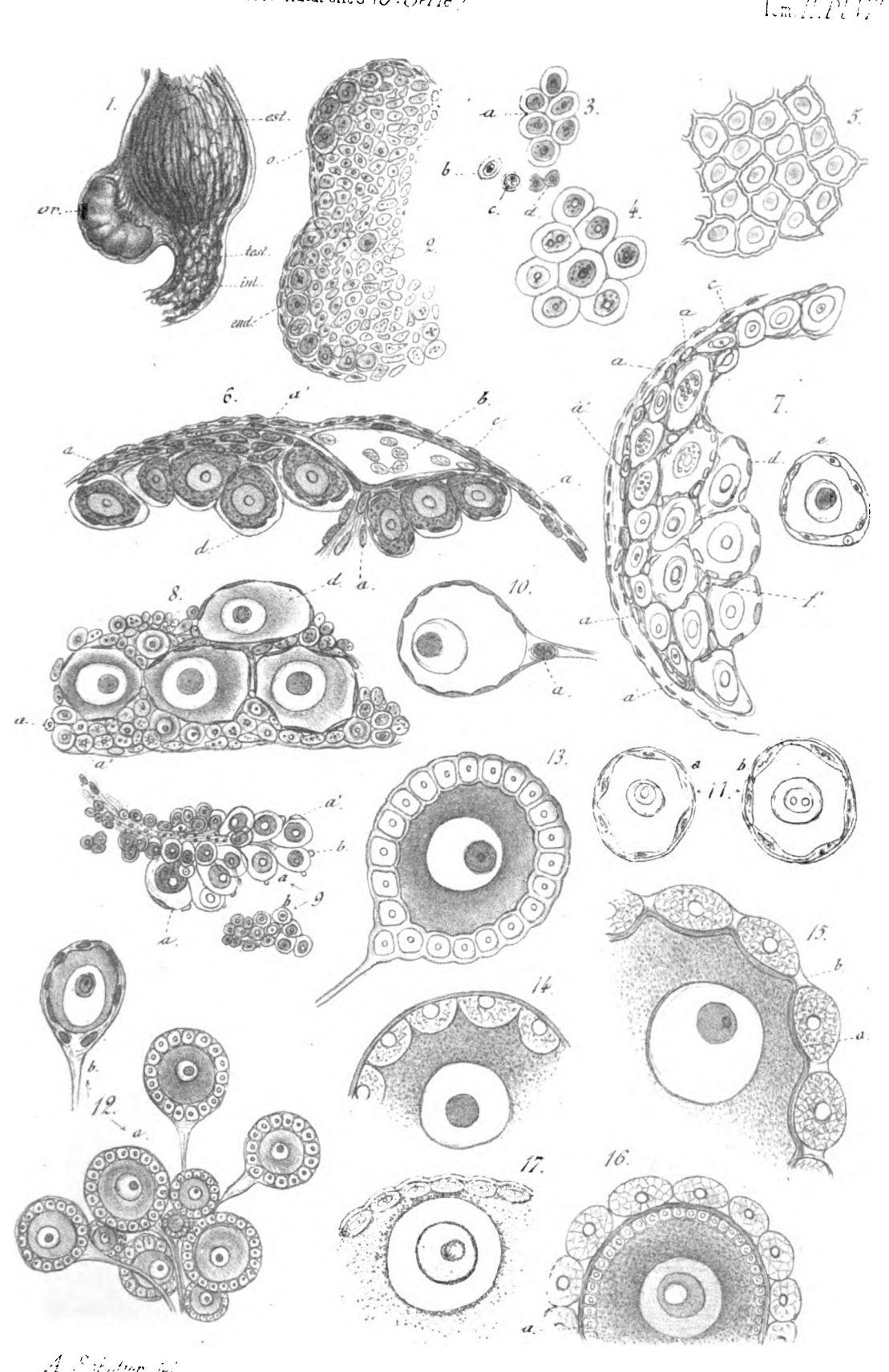
Digitized by Google

Boehm & Fils Mentn.

H. Rousaud del.

M. Viguier del.

Digitized by Google

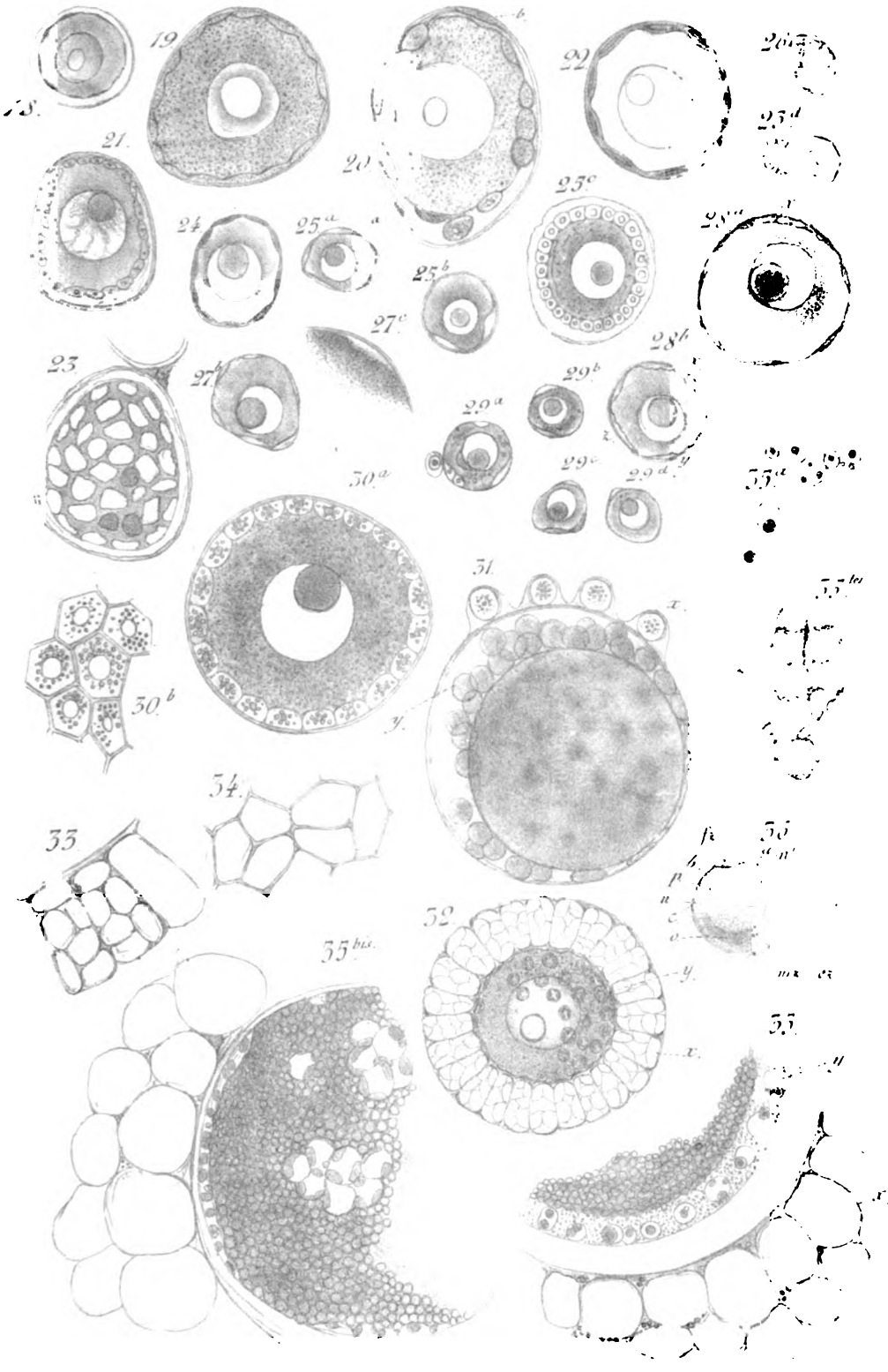


A. Sabatier, del.

Imp. Boehm & Fils, Mont.

Digitized by Google

Digitized by Google

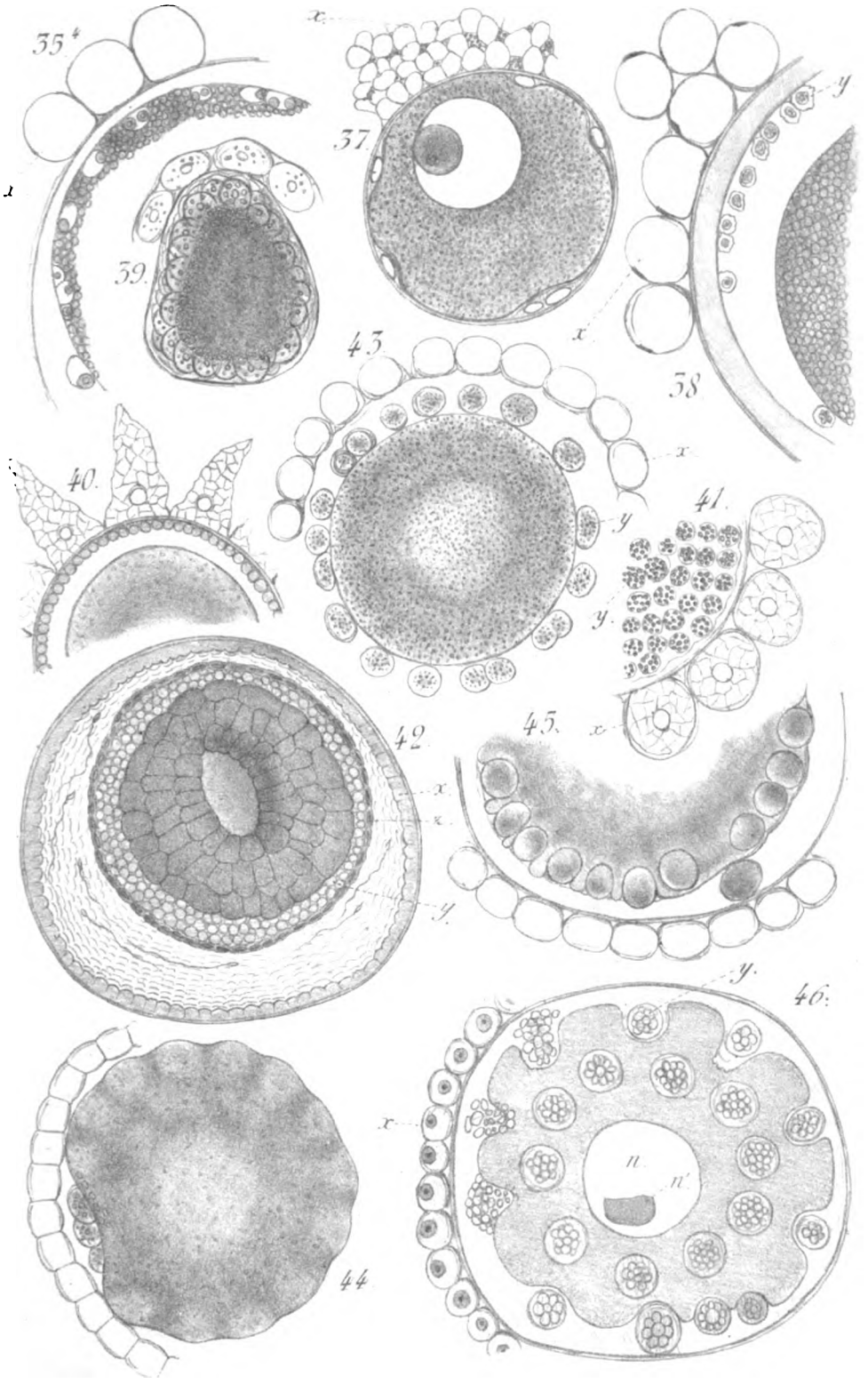


A. Sabatier del.

Imp. Lochin & Fils, Mont.

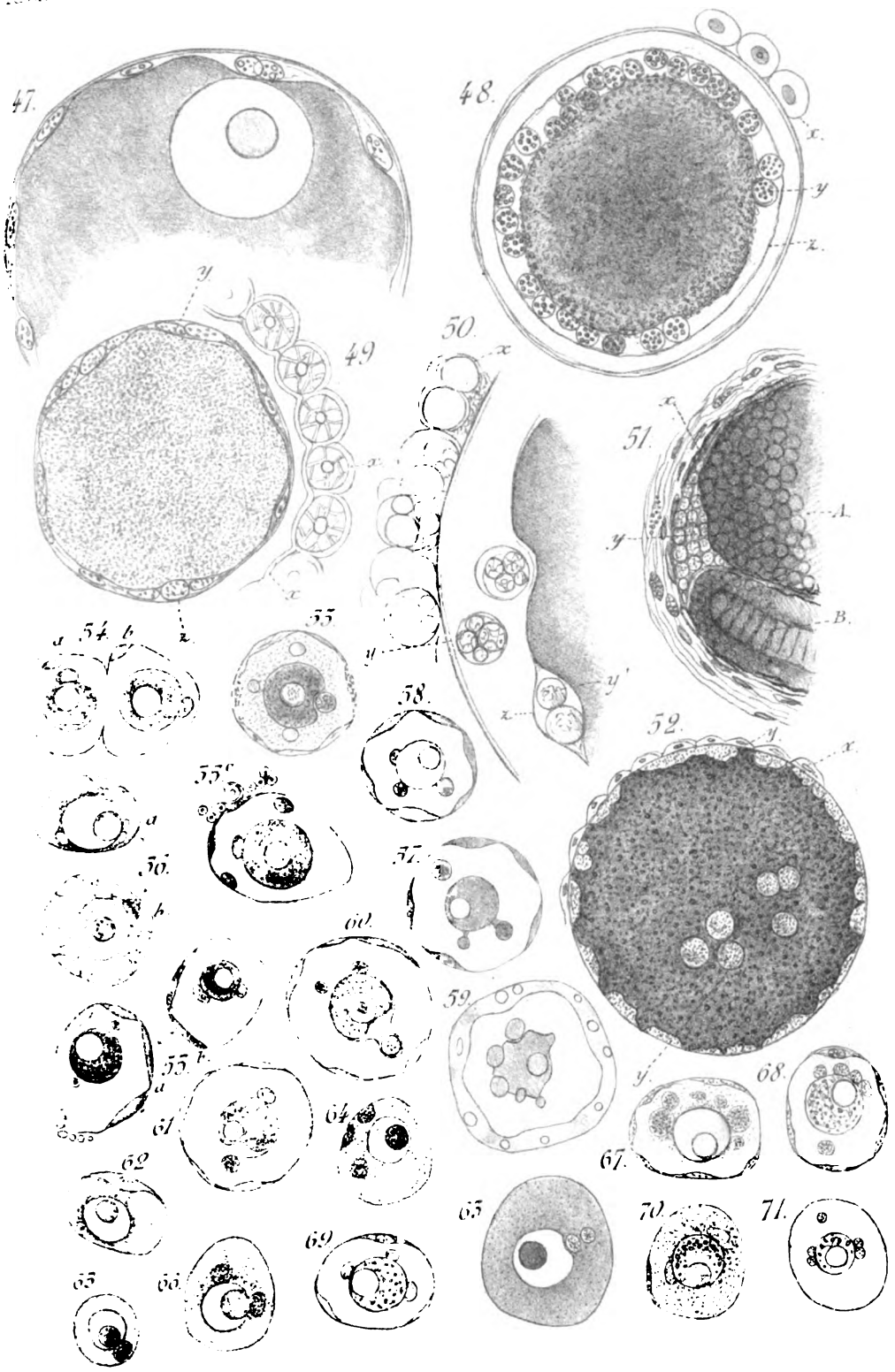
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

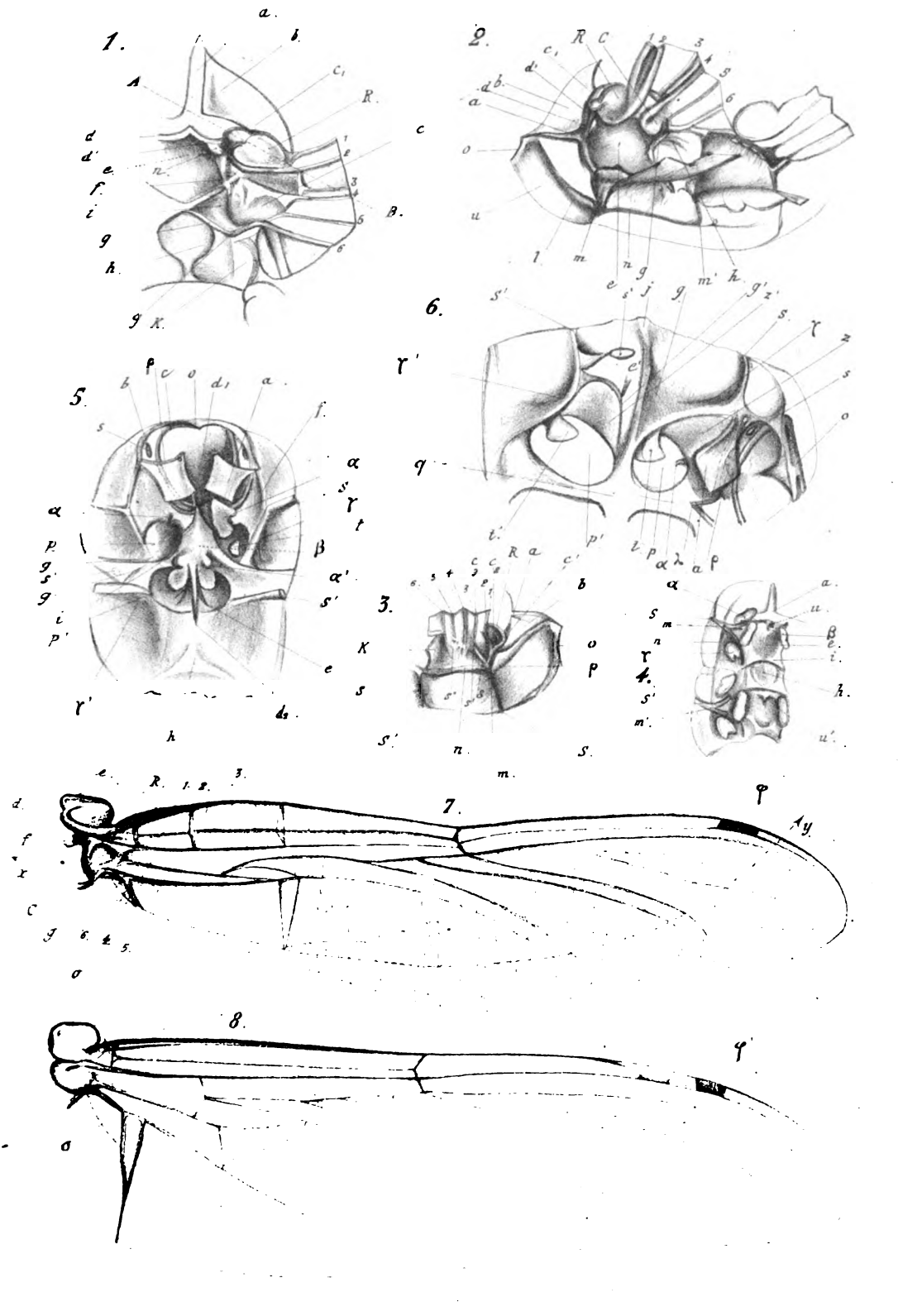


Imp. Boehm à Fils, Montpl.

A. Sabatier del.

Digitized by Google

Digitized by Google

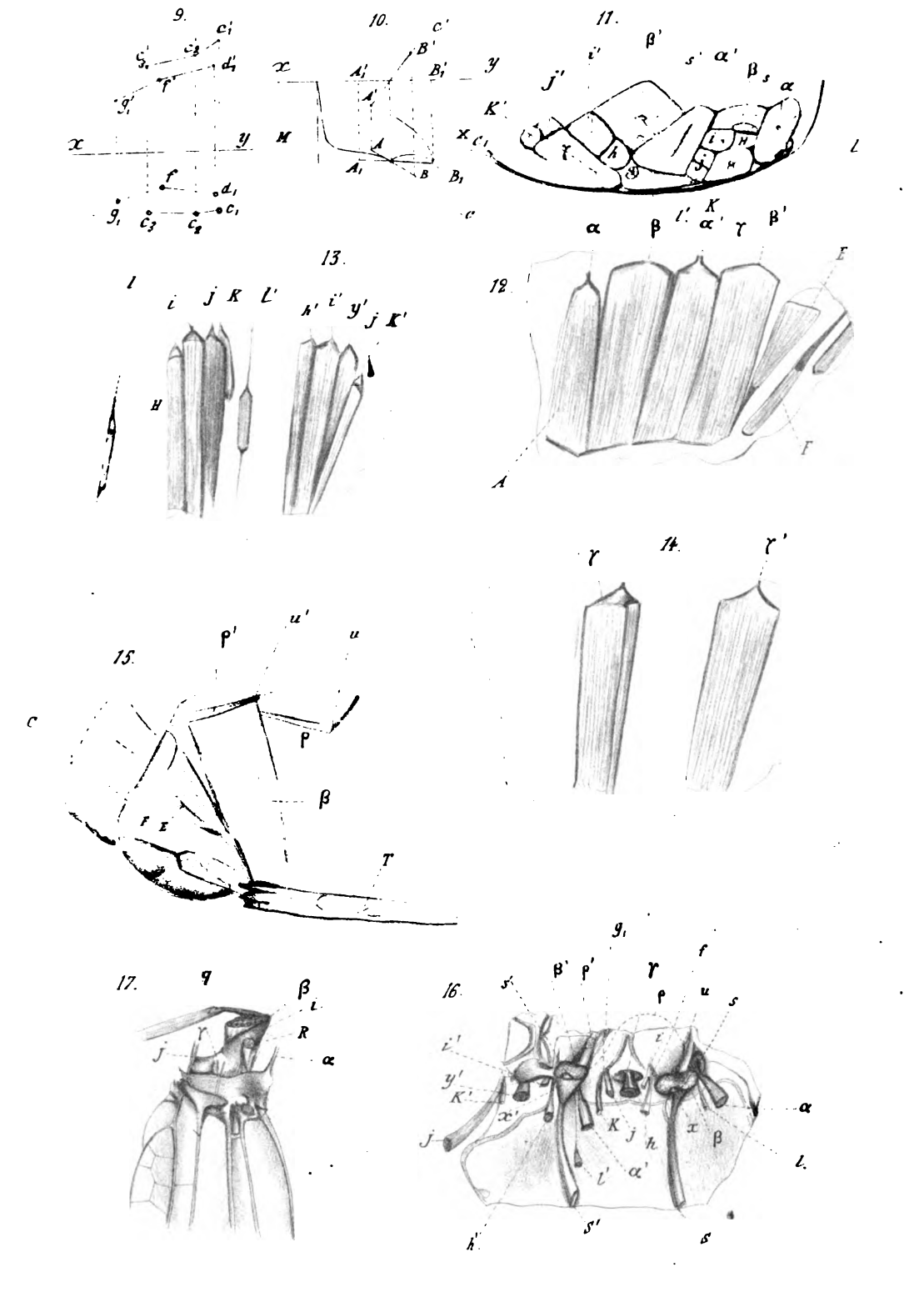


P. Amans. del

Imp. Boehm & Fils. Pr.

Digitized by Google

Digitized by Google

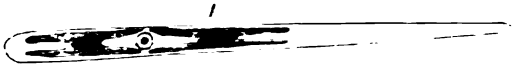


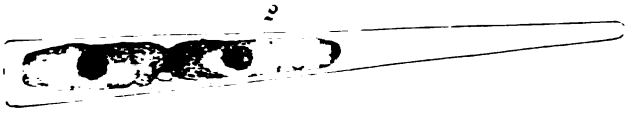
P. Amans, del.

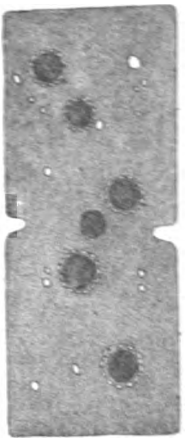
Imp. Boehm & Fils. Montpr.

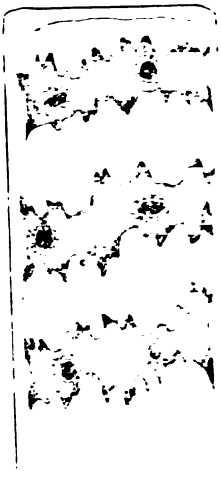
Digitized by Google

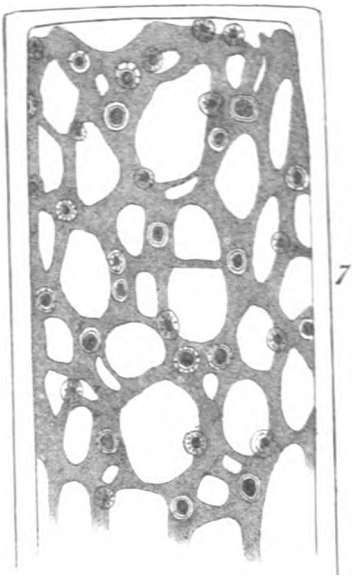
Digitized by Google

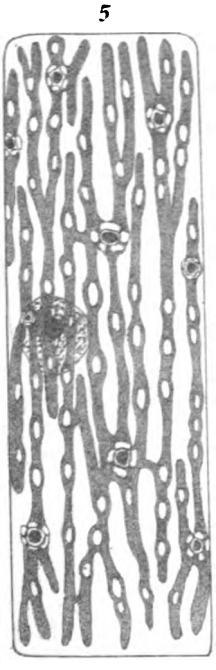










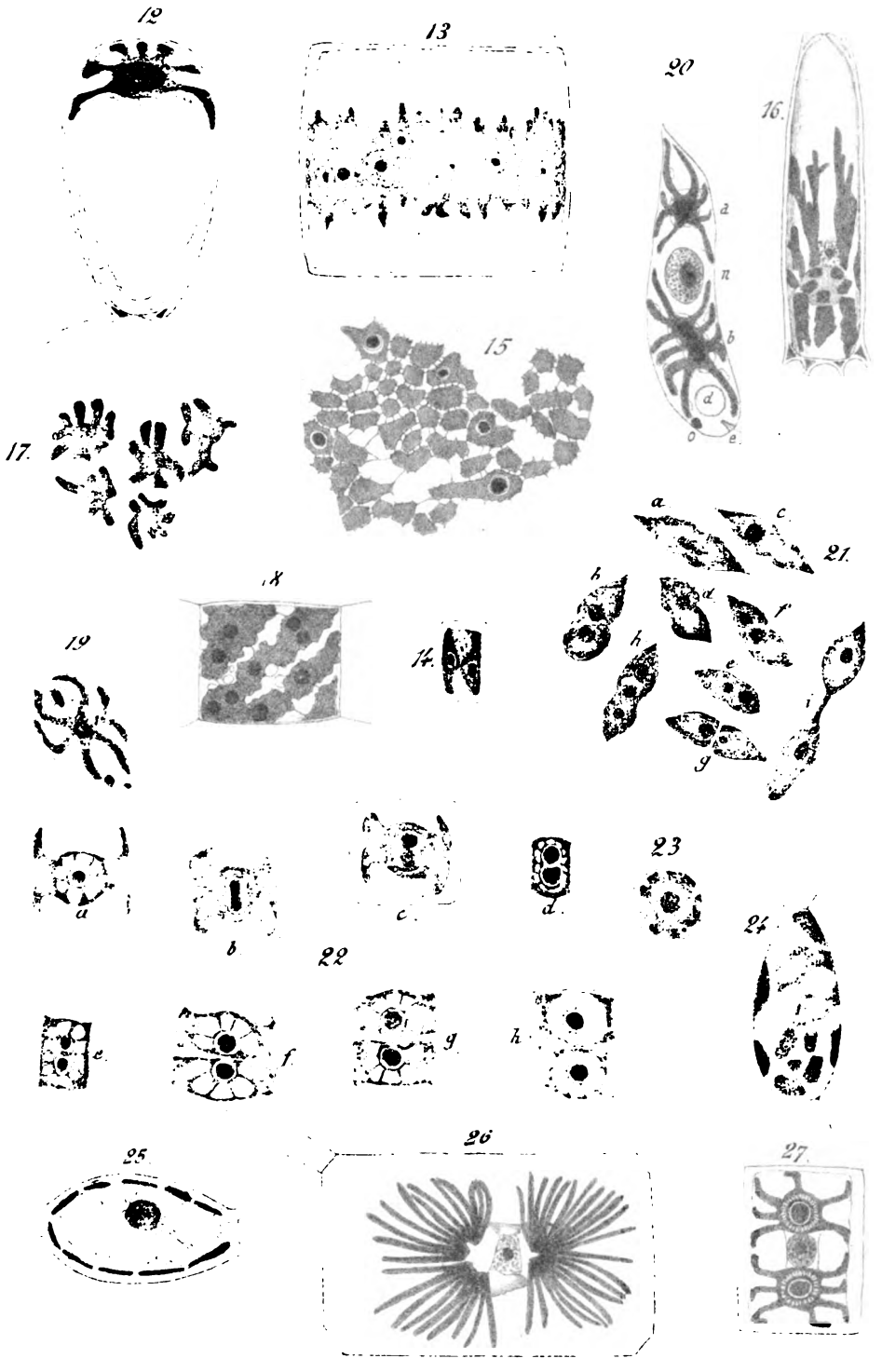


Fr. Schmitz del.

Imp. Boehm & Fils, Vienne

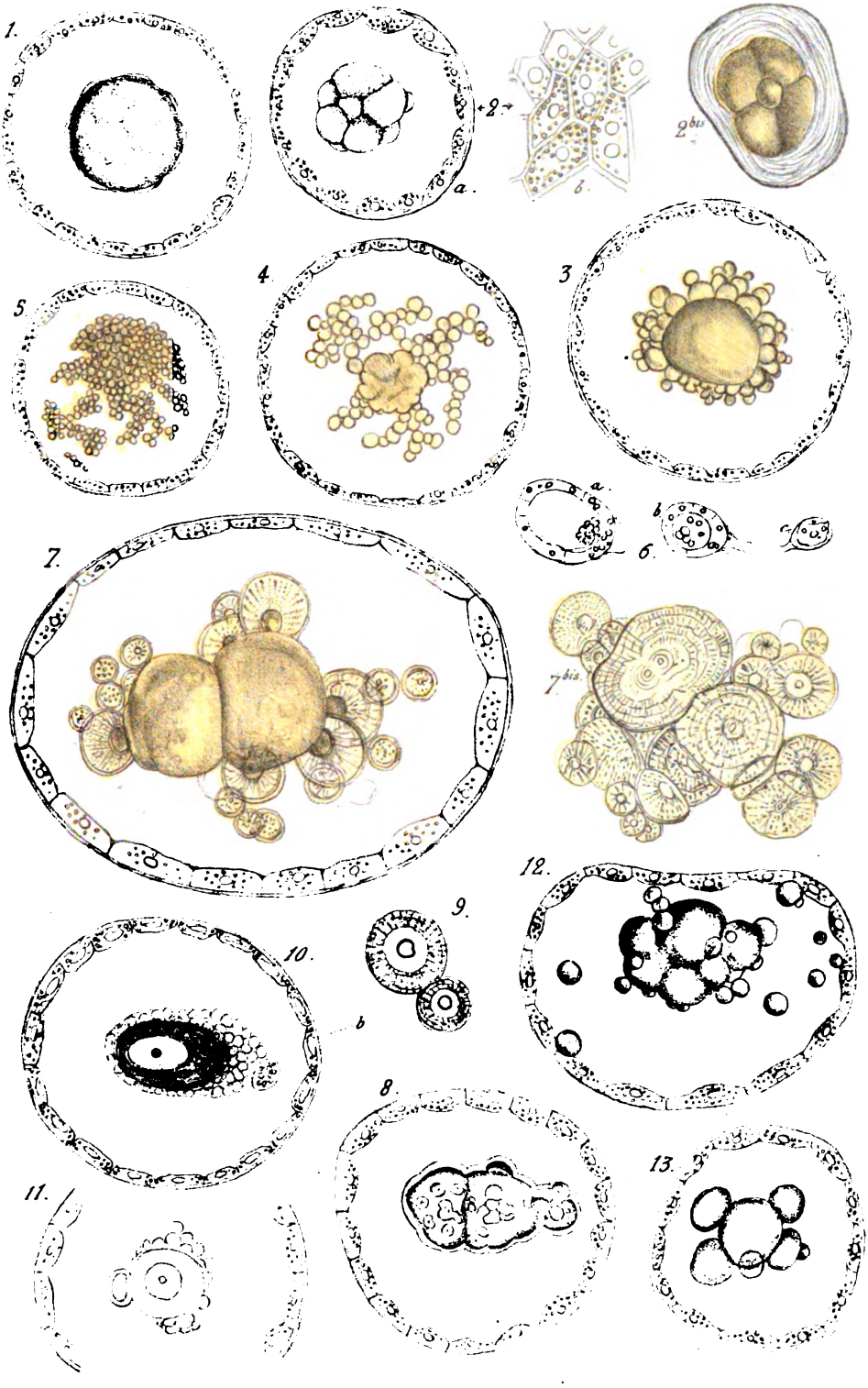
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



A. Sabatier del.

Imp. Boehm & fils. Malpt.

Digitized by Google

Digitized by Google

BOUND APR 1973

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 106 277 89

Date Due

Digitized by Google

Digitized by Google